



**Gabriel Bastos Pereira**

**ANÁLISE DE ELETROFÁCIES DO GRUPO LAGOA FEIA NA REGIÃO  
DO ALTO DE CABO FRIO, ÁREA SUL DA BACIA DE CAMPOS**

**Trabalho Final de Curso  
(Geologia)**

**UFRJ  
Rio de Janeiro  
2012**



**Gabriel Bastos Pereira**

**Análise de eletrofácies do Grupo Lagoa Feia na região do Alto de Cabo Frio,  
área sul da Bacia de Campos**

Trabalho Final de Curso de Graduação em  
Geologia do Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
UFRJ, apresentado como requisito  
necessário para obtenção do grau de  
Geólogo.

Orientador:

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida

GABRIEL, Bastos Pereira

**Análise de Eletrofácies do Grupo Lagoa Feia na Região do Alto de Cabo Frio, Área Sul da Bacia de Campos** / Gabriel Bastos Pereira - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2012.

xx, 67 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2012.

Orientador: Leonardo Fonseca Borghi de Almeida

1. Geologia. 2. Estratigrafia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Leonardo, Fonseca Borghi de Almeida. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

Gabriel Bastos Pereira

Análise de eletrofácies do Grupo Lagoa Feia na região do Alto de Cabo Frio,  
área sul da Bacia de Campos

Trabalho Final de Curso de Graduação em  
Geologia do Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
UFRJ, apresentado como requisito  
necessário para obtenção do grau de  
Geólogo.

Orientador:

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida

Aprovada em: 19 JAN 2012

Por:

---

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida (UFRJ)

---

Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN)

---

Mauro Torres Ribeiro (OGX Petróleo e Gás)

Dedico este trabalho a meu pai Amadeu, minha mãe Silvia e minha irmã Giovanna, por todo o apoio e compreensão durante todos os anos de minha graduação.

## **Agradecimentos**

A meu tio e petrofísico Albano da Costa Bastos, por todo seu apoio e incentivo em minha formação desde criança e por todos os ensinamentos de petrofísica.

Ao geólogo Osvaldo Braga da OGX pelas sugestões dadas e por todos os ensinamentos passados durante o período de estágio na OGX Petróleo e Gás.

Ao meu orientador Leonardo Borghi pelos ensinamentos passados durante toda a graduação e pelas excelentes sugestões para a elaboração deste trabalho.

A todos da OGX Petróleo e Gás por terem me ajudado direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, os conhecimentos adquiridos com eles foram muito importantes para chegar até aqui.

À ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – pelo comprometimento com os trabalhos acadêmicos e por ter cedido os dados para a elaboração deste trabalho.

Aos meus grandes amigos Bruno Antônio, Fernando Aragão, Philippe Vasconcelos, Pedro Henrique de Abreu, Marcelo Bossan, William Corrêa e Daniel Dubois por terem contribuído de alguma forma para a elaboração deste trabalho e por terem feito esses cinco anos de faculdade muito mais fáceis e divertidos.

## Resumo

PEREIRA, Gabriel Bastos. **Análise de eletrofácies do Grupo Lagoa Feia na região do Alto de Cabo Frio, área sul da Bacia de Campos**. 2012. 67 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização litológica e a correlação do Grupo Lagoa Feia (andares locais Buracica, Jiquiá e Alagoas) em seis poços localizados na região do Alto de Cabo Frio, área sul da bacia de Campos, através de análise de perfis geofísicos por modelagem de eletrofácies, com o auxílio de seis linhas sísmicas 2D. Para a modelagem de eletrofácies foram utilizados três perfis geofísicos (raios-gama, densidade e sônico), que cobriam o intervalo do Grupo Lagoa Feia nos seis poços. Foram caracterizadas dez eletrofácies, a partir das quais foi possível a delimitação de cinco eletrossequências que, por sua vez, serviram de base para a correlação entre os poços. A interpretação nas linhas sísmicas dos eletro-horizontes que limitam as eletrossequências, possibilitou uma melhor compreensão das relações entre os estratos, confirmando a eficácia da modelagem de eletrofácies.

Palavras-chave: Bacia de Campos; Grupo Lagoa Feia; eletrofácies.

## Abstract

PEREIRA, Gabriel Bastos. **Electrofacies analysis of the Lagoa Feia Group on the Region of the Cabo Frio High, South of the Campos Basin**. 2012. 67 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The objective of this work is the lithological characterization and the correlation of six wells drilled through the Lagoa Feia Group (Buracica, Jiquiá and Alagoas local stages). The wells were tied to six 2D seismic lines located in the southern Campos Basin (Cabo Frio High) for a complimentary stratigraphical analysis. For each well were used three different logs (gamma-ray, density and sonic) which allowed to characterize ten different electrofacies. Electrofacies successions delimited five electrosequences that were the base for well correlation. The seismic interpretation, supported by the electrohorizons and electrosequences, resulted in a better understanding of the strata relationships, and confirmed the efficiency of the electrofacies modeling technique.

Key-Words: Campos Basin; Lagoa Feia Group; electrofacies.



## Lista de figuras

**Figura 1-** Mapa de localização da bacia de Campos.

**Figura 2 -** Localização dos poços e das linhas sísmicas no contexto dos blocos exploratórios a sul da bacia de Campos.

**Figura 3 -** Reconstrução paleogeográfica das sequências sin-rifte, transicional evaporítica e plataforma carbonática na plataforma continental brasileira.

**Figura 4 -** Carta estratigráfica da bacia de Campos, segundo Winter *et al.* (2007).

**Figura 5 –** Gráficos de biomarcadores e cromatograma gasoso de uma amostra de óleo típico da bacia, notar a dominância de n-alcenos de baixo peso molecular, pristano maior que fitano, altas concentrações de terpanos tricíclicos de alto peso molecular, C-30 diasteranos e baixa razão de hopano/esterano, indicando assim nessa amostra um ambiente lacustre. Extraído de Guardado *et al.* (2000, *apud* Mello, 1988; Mello & Maxwell, 1990; Mello *et al.*, 1994)

**Figura 6 –** Dados de reflectância da vitrinite de várias amostras da bacia de Campos, indicando apenas os folhelhos de idade Buracica e Jiquiá (Grupo Lagoa Feia) dentro da janela de geração de óleo. Extraído de Guardado *et al.* (1989).

**Figura 7 -** Seção geológica esquemática para as bacias marginais brasileiras. Os principais tipos de reservatórios de águas profundas estão assinalados em amarelo. A posição estratigráfica aproximada de alguns importantes campos está indicada em vermelho: Albacora Leste (ABL), Barracuda (BR), Caratinga (CRT), Jubarte (JUB), Marimba (MA), Marlim (MRL), Marlim Sul (MLS), Namorado (NA), Roncador (RO), e Vermelho (VM). Extraído de Bruhn (1998).

**Figura 8 -** Coluna estratigráfica do Grupo Lagoa Feia, modificado de Carvalho *et al.* (2000).

**Figura 9 -** Coquinas da Formação Coqueiros, extraído de Carvalho *et al.*, (2000).

**Figura 10 -** Exemplos de estromatólito da Formação Macabu, extraído de Dias (2005).

**Figura 11 -** Bloco diagramas mostrando a evolução fisiográfica da bacia durante o Eocretáceo, extraído de Dias *et al.* (1988).

**Figura 12 -** Detalhe do poço 1-RJS-0100.

**Figura 13 -** Detalhe do poço 1-RJS-0166.

**Figura 14 -** Detalhe do poço 3-RJS-0614.

**Figura 15 -** Detalhe do poço 3-RJS-0614.

**Figura 16 -** Detalhe do poço 1-RJS-0100.

**Figura 17 -** Detalhe do poço 3-RJS-0637.

**Figura 18** - Comparação entre as fácies propostas por Guardado *et al.* (1989) no poço 1-RJS-0078-RJ e as eletrossequências propostas neste trabalho nos poços 1-RJS-0637-RJ e 1-RJS-0166. Poço 1-RJS-0078-RJ extraído de Guardado *et al.* (1989)

**Figura 19** - Coluna de eletrofácies do poço 1-RJS-0107.

**Figura 20** – Coluna de eletrofácies do poço 1-RJS-0100.

**Figura 21** – Coluna de eletrofácies do poço 1-RJS-0105.

**Figura 22** – Coluna de eletrofácies do poço 1-RJS-0166.

**Figura 23** – Coluna de eletrofácies do poço 3-RJS-0614.

**Figura 24** – Coluna de eletrofácies do poço 3-RJS-0637.

**Figura 25** – Seção estratigráfica utilizando todos os poços deste trabalho de direção geral SW-NE.

**Figura 26** – Mapa de localização das linhas sísmicas com os poços.

**Figura 27** – Linha sísmica de direção NW-SE e NE-SW.

**Figura 28** – Linha sísmica de direção NE-SW e E-W.

**Figura 29** – Linha sísmica de direção NW-SE.

**Figura 30** – Detalhe da linha sísmica ANP0053-0540 de direção SW-NE.

**Figura 31** – Linha sísmica de direção leste-oeste e linha sísmica de direção E-W, NW-SE e E-W.

**Figura 32** – Mapa de subafloramento das eletrossequências sob a discordância da base do conglomerado Alagoas (ES-04).

## Lista de tabelas

**Tabela 1-** Resumo do comportamento e interpretação para cada eletrofácies.

## Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de figuras	ix
Lista de tabelas	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	3
3 CONTEXTO GEOLÓGICO	7
3.1 A Bacia de Campos	7
3.2 Sistemas Petrolíferos	13
3.3 O Grupo Lagoa Feia	16
4 RESULTADOS	21
4.1 Eletrofácies	21
4.2 Eletrossequências	26
4.3 Discussão	40
5 CONCLUSÕES	52
Referências Bibliográficas	54

## 1 INTRODUÇÃO

A bacia de Campos situa-se na margem continental brasileira, entre o centro-norte do estado do Rio de Janeiro e o centro-sul do estado do Espírito Santo. Seu limite com a bacia do Espírito Santo é o Alto de Vitória e a sul com a bacia de Santos, é o Alto de Cabo Frio (Figura 1). Ocupa uma área de aproximadamente 100.000 km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 3.600 m. Possui mais de 1600 poços perfurados ao longo de mais de 30 anos de exploração petrolífera. Atualmente é a bacia brasileira, mais importante, em termos de exploração de petróleo, sendo responsável por mais de 80% da produção atual (Winter *et al.*, 2007).

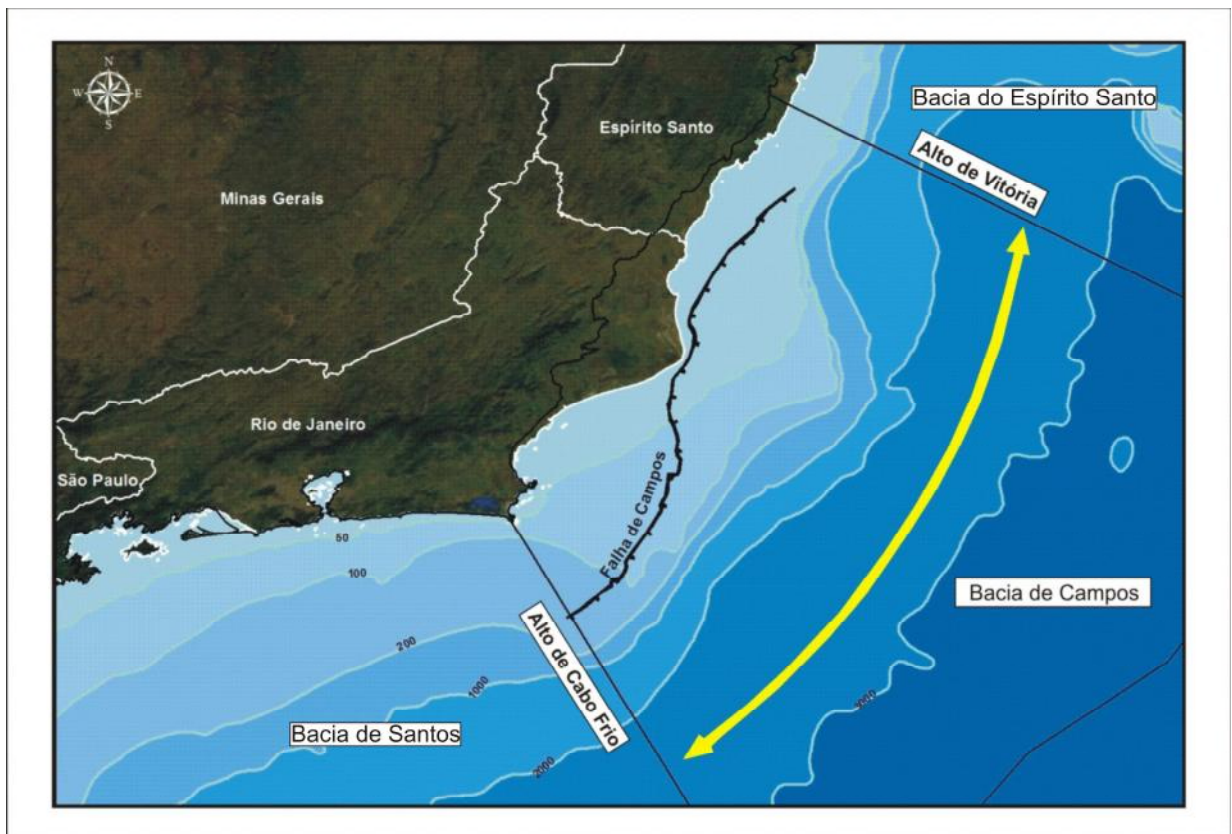


Figura 1- Mapa de localização da Bacia de Campos

O Grupo Lagoa Feia, foco deste estudo, compreende as fases Rifte e *Sag* da bacia de Campos, da qual fazem parte as formações Coqueiros e Retiro, definidas por Rangel *et al.* (1994), e as formações Itabapoana, Atafona, Macabú e Gargaú, definidas por Winter *et al.* (2007). Da fase Rifte do Grupo Lagoa Feia fazem parte as formações Itabapoana, Atafona e Coqueiros depositadas durante os andares Aratu Superior, Buracica e Jiquiá, segundo Winter *et al.* (2007). Já na fase *Sag* do Grupo Lagoa Feia, fazem parte as Formações Itabapoana, Macabú, Gargaú e Retiro, depositados durante o andar Alagoas, segundo Winter *et al.* (2007) (Figura 2). O Grupo Lagoa Feia e suas formações serão melhor descritos mais a frente neste trabalho. Devido às descobertas de campos gigantes no pré-sal da bacia de Santos, este intervalo ganhou relevância nos últimos anos. O intervalo abordado neste estudo é correlato à mesma fase *Sag* da Bacia de Santos e com variação faciológica muito parecida, podendo vir a ser reservatório assim como na bacia de Santos. No âmbito da necessidade por novas técnicas de estudo, a análise de eletrofácies se apresenta como uma ferramenta poderosa para a caracterização da relação entre diferentes respostas das rochas a estímulos acústicos, elétricos e radioativos. Esta relação e sua classificação, após correlação com a litologia, permite correlação mais robusta e compreensão do sistema deposicional da área. Nesse contexto, este trabalho tem como **finalidade** testar a eficácia da modelagem de eletrofácies no estudo faciológico do Grupo Lagoa Feia na região do Alto de Cabo Frio, ao sul da bacia de Campos e o entendimento do sistema deposicional da região.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram utilizados perfis geofísicos em seis poços estrategicamente escolhidos na região do Alto de Cabo Frio, são eles: 1-RJS-0107; 1-RJS-0100; 1-RJS-0105; 1-RJS-0166; 3-RJS-0614S/3-BRSA-0417-RJS e 3-RJS-0637S/3-BRSA-0255-RJS. Foram utilizadas também seis linhas sísmicas 2D (Figura 2) para correlação entre esses poços. O poço 1-RJS-0078 (Guardado *et al.*, 1989) foi utilizado apenas para comparação entre as sequências deposicionais de Guardado *et al.* (1989) com as eletrosequências que serão definidas neste trabalho.

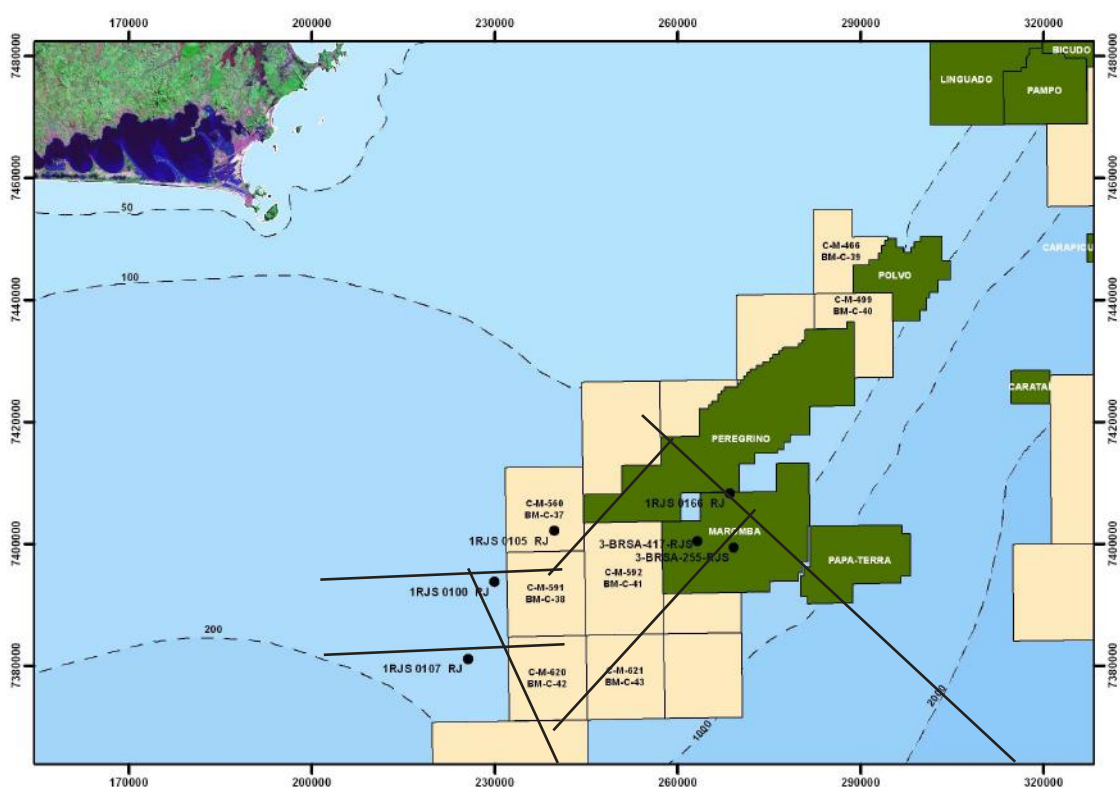


Figura 2- Localização dos poços e das linhas sísmicas no contexto dos blocos exploratórios a sul da Bacia de Campos.

Fácies sedimentar é um termo usado para caracterizar uma massa de sedimento ou rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais pela geometria, litologia, estruturas sedimentares, padrão de paleocorrentes e fósseis.

A eletrofácies é um tipo de fácies caracterizada a partir da análise de um conjunto de respostas petrofísicas que caracterizam uma determinada rocha e permite sua distinção em relação às demais rochas em uma sucessão estratigráfica.

Os perfis geofísicos utilizados para a modelagem de eletrofácies foram os perfis de raios-gama (GR), densidade (RHOB), sônico (DT) e resistividade profunda (ILD).

No caso da modelagem de eletrofácies, é importante destacar que recomenda-se a utilização dos mesmos perfis geofísicos para todos os poços, a fim de que não ocorram soluções diferentes entre os poços, o que não seria adequado para um trabalho de correlação. No caso deste trabalho os mesmos perfis escolhidos, cobrem todo o intervalo do Grupo Lagoa Feia. Adicionalmente, a fim de permitir melhor interpretação das eletrofácies, dados de amostra de calha, amostras laterais e testemunhos descritos na pasta de poço de cada um dos poços foram analisados.

A ferramenta de raios-gama (GR) mede a radioatividade natural emitida pelos elementos U, Th e K presente nas rochas. Estes elementos estão presentes principalmente nos argilo-minerais que compõem o arcabouço principal da rocha (ex. folhelho) e matéria orgânica, perfazem a matriz ou preenchem os poros, com isso pode-se quantificar a argilosidade da rocha. Valores elevados nesse perfil podem indicar folhelhos ou arenitos arcoseanos, devido a sua grande quantidade de feldspato potássico. É um perfil comumente usado para caracterizar litologia e volume de argila. Sua unidade é o grau API.

A ferramenta de densidade (RHOB) detecta os raios-gama defletidos pelos elétrons orbitais dos elementos componentes das rochas após terem sido emitidos por uma fonte. Além da densidade das camadas, permite o cálculo da porosidade e a indicação de zonas de gás óleo e água nos intervalos reservatórios. Sua unidade mais usual é gm/cc.

Á ferramenta sônica (DT) mede o tempo que uma onda acústica precisa para percorrer um pé dentro de uma determinada litologia. É muito utilizado também para determinar



porosidade, caracterizar o comportamento mecânico da rocha e calibrar a sísmica. Sua unidade é o uSec/ft.

A ferramenta de resistividade (ILD) mede a resistividade elétrica das rochas quando induzida uma corrente elétrica, é importante para determinação de fluidos na formação. Sua unidade é ohm.m.

Os intervalos dos poços utilizados para a modelagem foram definidos através dos topos de formações e amostras de calha descritas na pasta de poço. O método utilizado para a modelagem foi uma adaptação da proposta por Soares (2005), que descreve dois métodos de trabalho: o supervisionado (com a utilização de dados de testemunho que amostrem todo o intervalo a ser usado na modelagem de eletrofácies) e o não-supervisionado (sem a utilização de dados de testemunho que amostrem todo o intervalo a ser usado na modelagem de eletrofácies). O método utilizado neste trabalho foi o não-supervisionado devido à ausência de testemunhos que pudessem caracterizar todo o intervalo estudado. Adicionalmente é uma adaptação da proposta pelo autor, pois o número de eletrofácies foi definido por diversas simulações feitas no programa e pelas litologias descritas em amostra de calha nos poços, diferente do método de Soares (2005) que define o número de eletrofácies por métodos estatísticos, dado isso um bom número de eletrofácies definido para a modelagem foi de 10 eletrofácies.

Com este valor de eletrofácies definido, as curvas foram carregadas no programa *Interactive Petrophysics* para obter a coluna de eletrofácies com a extensão *Cluster Analysis for Rock Typing*. O método estatístico utilizado no programa é o *K-means*, que segundo Soares (2005), gera K grupos formados aleatoriamente pelas amostras dos perfis, a seguir, reorganiza a composição de cada grupo de modo a minimizar a variabilidade interna de cada grupo e maximizar a variabilidade entre os grupos. Após definida a coluna de eletrofácies para os poços, seguiu-se a classificação e interpretação, que consiste no caráter litológico das

eletrofácies tendo como base o comportamento dos perfis junto com a descrição de calha, testemunho e amostras laterais disponíveis nas pastas de poço. Utilizando esta interpretação foram delimitadas eletrosequências com base em quebras bem definidas nos perfis geofísicos. Em seguida correlacionou-se estas eletrosequências entre os poços, esta correlação foi posteriormente “amarrada” na sísmica 2D com o programa *Decision Space Desktop* e o mapeamento dos horizontes possibilitou uma melhor entendimento da correlação entre estes poços, variação lateral das eletrofácies e o paleoambiente deposicional.

### 3 CONTEXTO GEOLÓGICO

#### 3.1 A Bacia de Campos

A bacia de Campos localiza-se na região sudeste do Brasil, da margem continental, entre os paralelos 21° e 24° de latitude sul, limitada a norte com a bacia do Espírito Santo pelo Alto de Vitória e a sul com a bacia de Santos pelo Alto de Cabo Frio. É uma bacia de margem passiva e sua gênese está relacionada ao rifteamento do paleocontinente Gondwana e a subsequente abertura do Oceano Atlântico.

Existem diversas interpretações propostas para a abertura do Atlântico Sul, a mais aceita é que houve um misto entre estiramento litosférico e afinamento da crosta (McKenzie, 1978) e posteriormente uma anomalia termal (Royden & Keen, 1980) com subsidência associada. A atividade térmica no *hot-spot* de Tristão da Cunha e Santa Helena levou a formação de uma taxa mais larga de afinamento crustal. Em função desta anomalia térmica, o afinamento crustal foi acompanhado de um soerguimento, com atuação do fenômeno de *underplating*, o que provavelmente condicionou a deposição da seção pré-rifte durante os andares Dom João e início do Rio da Serra (segundo Neto *et al.*, 2007 e Silva *et al.*, 2007) nas bordas dessa zona soerguida, nas bacias do Recôncavo-Tucano e Sergipe-Alagoas.

O afinamento da crosta levou a ruptura do rifte em zonas de fraqueza e gerou a deposição da seção rifte em zona regionalmente soerguida (semelhante aos lagos do rifte africano atual) com contribuição expressiva de vulcânicas no fundo da bacia. Estas vulcânicas, datadas pelo método K-Ar, sugerem idades entre 130 e 120 Ma (Fodor *et al.*, 1983), estas, semelhantes às da Província Serra Geral. Posteriormente, ocorreu uma fase de subsidência termal associada ao resfriamento da anomalia térmica da astenosfera.

Segundo Chang *et al.* (1992), a estratigrafia das bacias da margem Leste pode ser dividida em 5 megassequências (Figura 3): Continental, Transicional Evaporítica, Plataforma Carbonática Rasa, Marinha Transgressiva e Marinha Regressiva.

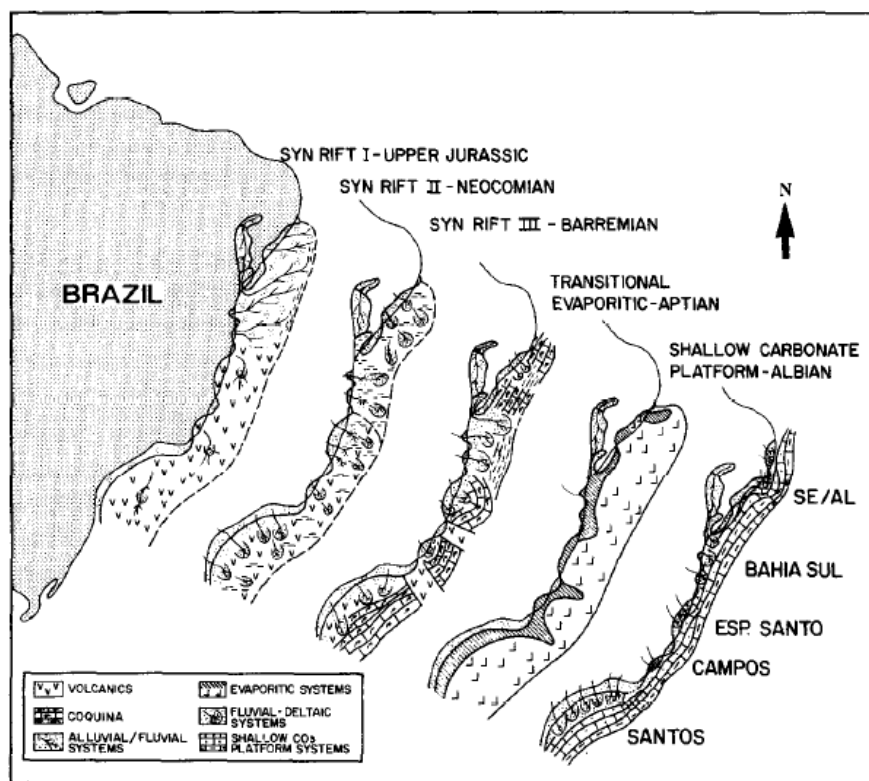


Figura 3- Reconstrução paleogeográfica das sequências sin-rifte, transicional evaporítica e plataforma carbonática na plataforma continental brasileira. Extraído de Chang *et al.* (1992).

**Megassequência Continental** – Esta megassequência foi subdividida por Chang *et al.* (1992) em razão das associações de fácies e estilos estruturais da base para o topo em: *Sin-Rifte I*, *Sin-Rifte II* e *Sin-Rifte III*.

*Sin-Rifte I* – Consiste em depósitos fluviais, leques aluviais e arenitos eólicos do Neo-Jurássico. Estes sedimentos não estão preservados (ou não foram encontradas) na bacia de Campos, com remanescentes, nas bacias da margem leste, apenas nas bacias de Camamu-Almada, Recôncavo-Tucano e Sergipe-Alagoas.

*Sin-Rifte II* – Durante os andares locais Rio da Serra e Aratu, a distensão crustal acelerada gerou uma série de meio-grábens onde o vulcanismo foi bastante intenso (Formação Cabiúnas) associado a depósitos lacustres.

*Sin-Rifte III* – Durante os andares locais Buracica e Jiquiá, a sedimentação foi predominantemente flúvio-deltaica, lacustre e de leques aluviais. Ocorrem nesta sequência pacotes argilosos, depositados em ambiente lacustre de águas doces, conhecidos informalmente como folhelhos Buracica (Winter *et al.*, 2007), arenitos, conglomerados sintectônicos e carbonatos compostos por conchas de pelecípodes (coquinas) em altos estruturais (Alto de Badejo, por exemplo). Presença também de argilominerais de talco-estevensita precipitados em lagos vulcânicos alcalinos segundo Dias (2005). Essa megasequência é representada pelas Formação Cabiúnas (vulcânicas) e formações Atafona (siltitos e arenitos com talco-estevensita), Coqueiros (coquinas e folhelhos) e Itabapoana (conglomerados) do Grupo Lagoa Feia.

**Megasequência Transicional Evaporítica** – Composta exclusivamente por sedimentos depositados durante o andar local Alagoas, é separada da Megasequência Continental por discordância chamada pré-Aptiano Superior (Dias, 2005), facilmente identificada tanto em sísmica quanto em poços. Durante o Eoalagoas, a sedimentação foi predominantemente continental (sistemas de leques aluviais, lacustre e fluvial) com indicações de incursões marinhas em outras bacias, como folhelhos contendo dinoflagelados na bacia de Sergipe-Alagoas (Dias, 2005). No Neoalagoas, Dias (2005), interpreta o ambiente como um mar epicontinental com extensas regiões rasas (e grande influência continental) e um litoral recortado, com embaiaamentos, onde as águas se tornaram hipersalinas e propícios para o desenvolvimento de construções microbiais devido ao estresse. A sedimentação nesse período foi de leques aluviais e carbonática principalmente. O início da deposição evaporítica ocorreu no final do andar Alagoas e esta deposição segundo Dias (1998), ocorreu em um

ambiente marinho, corroborado pelos elevados teores de bromo nas halitas e pelos valores isotópicos de estrôncio nas anidritas compatíveis com as águas marinhas do Aptiano. Esse ambiente marinho restrito era limitado a sul por uma cadeia vulcânica de direção E-W conhecida como Dorsal de São Paulo que segundo Kumar & Gambôa (1979) controlava a pouca circulação de água marinha dentro das bacias da margem leste. Essa circulação restrita de água, associada ao clima quente e árido do Aptiano, criou as condições ideais para o aumento da concentração de salmoura até o nível de precipitação dos minerais evaporíticos. Essa megasequência é representada pelas formações Itabapoana (conglomerados), Macabú (estromatólitos e laminitos microbiais), Gargaú (margas e calcilutitos) e Retiro (anidrita, halita, carnalita e silvinita), do Grupo Lagoa Feia.

**Megasequência Plataforma Carbonática Rasa** - Durante o Albiano, a fase *sag* já havia terminado e começava a sedimentação marinha franca, caracterizada por um plataforma carbonática comum a todas as bacias da margem leste. Essa plataforma alterna sucessões de tratos de mar alto com deposição de carbonatos de alta energia (*packstones/grainstones*) e tratos de sistema transgressivo com deposição de carbonatos de mais baixa energia (*wackestones/mudstones*). O modelo desenvolvido para essa sequência por Spadini *et al.* (1988) é uma rampa carbonática típica, deformada por halocinese que controlou a distribuição de fácies dos carbonatos de água rasa e especialmente, os bancos de oólitos e oncolitos. Essa megasequência é representada principalmente pela Formação Quissamã, do Grupo Macaé.

**Megasequência Marinha Transgressiva** - Após o Albiano, o progressivo afundamento da bacia, devido à subida global do nível do mar, acompanhado da transgressão marinha resultou no afogamento da plataforma carbonática (Chang *et al.*, 1988) e na consequente deposição de sedimentos de baixa energia como folhelhos, margas e calcilutitos. Depósitos arenosos turbidíticos estão presentes em toda essa sequência, sendo dois modelos identificados: canalizado, preferencialmente em mini bacias formadas pela halocinese, e em

lençol. Esses turbiditos estão sempre associados a períodos de glaciação global e consequente rebaixamento no nível do mar, ou seja, pequenas fases regressivas dentro deste grande ciclo transgressivo. Essa megasequência é representada principalmente pelas formações Outeiro (calcilutitos e folhelhos), Imbetiba (calcilutitos) e Namorado (arenito), do Grupo Macaé, pelo membro Tamoios da Formação Ubatuba (folhelhos) e pela Formação Carapebus (arenitos).

**Megassequência Marinha Regressiva** – A sedimentação de margem passiva, a partir do Cenozóico, começa a apresentar um caráter regressivo, por uma subida global do nível do mar, segundo Chang *et al.* (1988). Sucessivas sequências flúvio-deltaicas começam a predominar, com ocorrência de leques deltaicos, plataformas siliciclásticas e turbiditos em águas mais profundas. Essa megasequência é representada pelas formações Ubatuba (folhelhos), Carapebus (arenitos) e Emborê (carbonatos).





### 3.2 Sistemas petrolíferos

A bacia de Campos é a principal província petrolífera brasileira, com mais de 70 acumulações comprovadas, incluindo sete campos gigantes em águas profundas. Atualmente é responsável por mais de 80% de todo o óleo produzido no país.

A principal rocha geradora da bacia são folhelhos dos andares locais Buracica e Jiquiá do Grupo Lagoa Feia (COT variando entre 2 a 6%, segundo Mello, 1988), depositadas durante a fase rifte, essas rochas, de acordo com dados geoquímicos e sedimentológicos, foram formadas em um ambiente lacustre segundo Guardado *et al.* (1989). (Figuras 5 e 6).

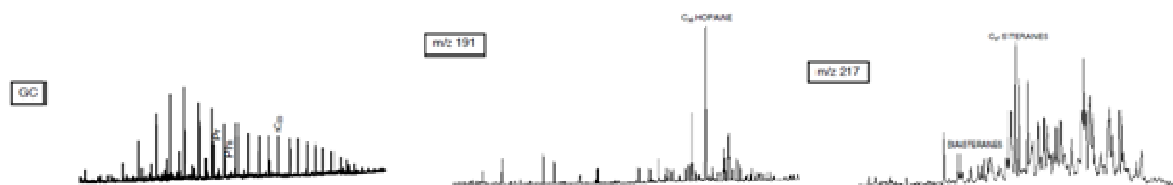


Figura 5 – Gráficos de biomarcadores e cromatograma gasoso de uma amostra de óleo típico da bacia, notar a dominância de n-alcenos de baixo peso molecular, pristano maior que fitano, altas concentrações de terpanos tricíclicos de alto peso molecular, C-30 diasteranos e baixa razão de hopano/esterano, indicando assim nessa amostra um ambiente lacustre. Extraído de Guardado *et al.* (2000, *apud* Mello, 1988; Mello & Maxwell, 1990; Mello *et al.*, 1994)

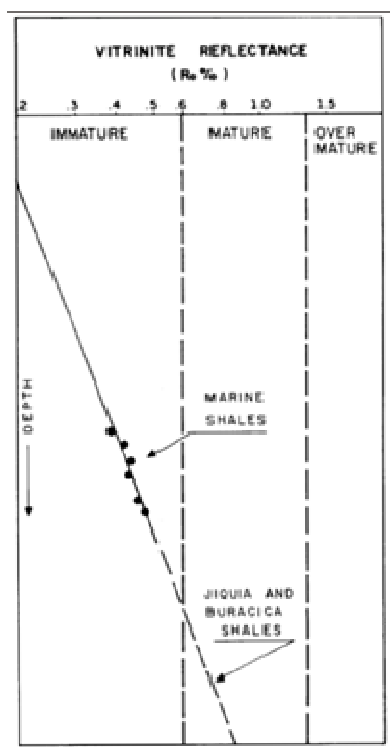


Figura 6 – Dados de reflectância da vitrinite de várias amostras da bacia de Campos, indicando que apenas os folhelhos de idade Buracica e Jiquiá (Grupo Lagoa Feia) dentro da janela de geração de óleo. Extraído de Guardado *et al.* (1989).

Uma grande variedade de rochas reservatório é verificada na bacia de Campos em vários níveis estratigráficos. Na fase rifte ocorrem basaltos fraturados e vesiculares do Neocomiano da Formação Cabiúnas, que são produtores nos campos de Badejo e Linguado, e coquinas do aptiano da formação Coqueiros, Grupo Lagoa Feia, produtoras nos campos de Badejo, Linguado, Pampo e Trilha. Na fase drifte ocorrem os calcarenitos de alta energia do Albiano da Formação Quissamã, Grupo Macaé, produtores nos campos de Maromba e Garoupa, entre outros, bem como os turbiditos do Albo-Cenomaniano da Formação Namorado do Grupo Macaé produtores no campo de Namorado. Ainda na fase drifte, os turbiditos do Cretáceo Superior e Paleógeno são os responsáveis pela maior parte do óleo produzido na bacia (Figura 7). Pertencem à formação Carapebus e estão sempre relacionados a glaciações globais e sua consequente queda no nível do mar que ocorre durante esses episódios. Ocorrem turbiditos de idade Turoniano-Maastrichtiano produtores nos campos de Roncador e Jubarte, aqueles de idade Paleoceno-Eoceno produtores nos campos de Barracuda e Marlim sul, e os de idade Oligo-Miocênico produtores nos campos de Marlim e Albacora.

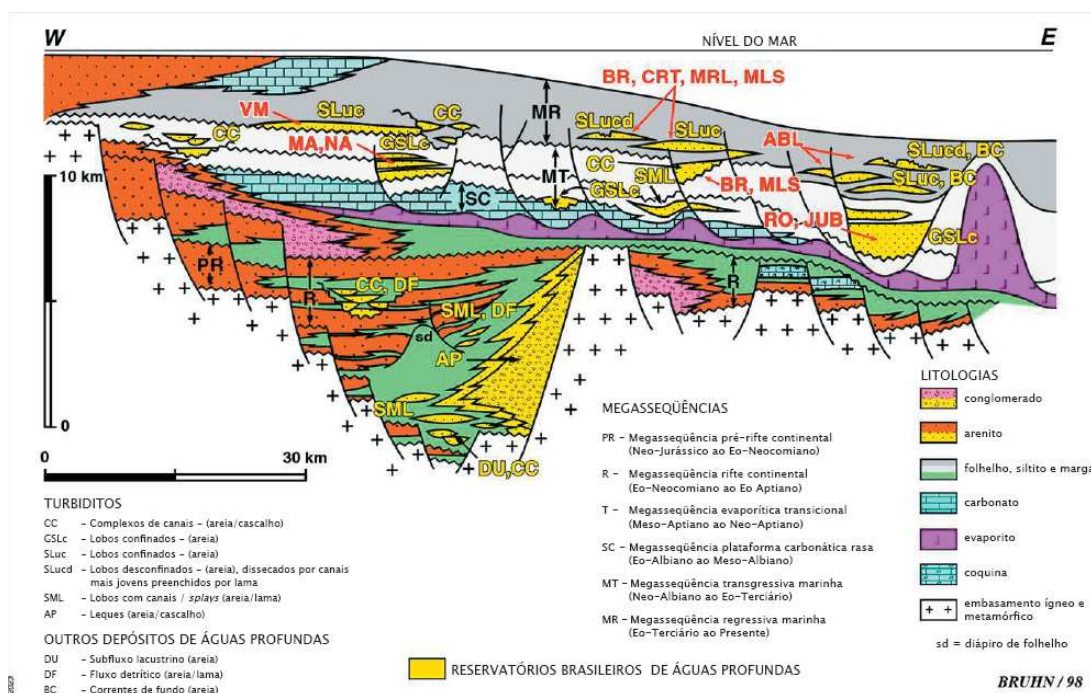


Figura 7- Seção geológica esquemática para as bacias marginais brasileiras. Os principais tipos de reservatórios de águas profundas estão assinalados em amarelo. A posição estratigráfica aproximada de alguns importantes campos está indicada em vermelho: Albacora Leste (ABL), Barracuda (BR), Caratinga (CRT), Jubarte (JUB), Marimba (MA), Marlim (MRL), Marlim Sul (MLS), Namorado (NA), Roncador (RO), e Vermelho (VM). Extraído de Bruhn (1998).

De uma maneira geral, os selos para os diversos reservatórios da bacia são folhelhos, calcilutitos e margas intercalados aos próprios reservatórios.

As trapas identificadas na bacia são caráter estruturais, estratigráficas ou um misto dos dois. Os principais trapas estruturais estão relacionadas às falhas lítricas e *rollover* associados a eles (acumulações de óleo do Albiano ao Maastrichtiano), assim como estruturas relacionadas à movimentações polifásicas de blocos do embasamento (acumulações de óleo no Aptiano - Badejo, Linguado, Pampo, Trilha e Jubarte). O componente estratigráfico é observado em muitas trapas (Guardado *et al.*, 1989), principalmente nos depósitos turbidíticos mais jovens que os carbonatos do Albiano inferior. Compreendem, na maioria dos casos, arenitos turbidíticos de águas profundas, frequentemente associados a leques submarinos. Trapas estruturais em altos da seção rifte constituem importantes acumulações tais como as existentes no *trend* Badejo, Linguado, Pampo e Trilha, onde coquinas constituem os principais reservatórios.

A migração de óleos da seção rifte até os reservatórios em variados níveis estratigráficos deve-se principalmente às falhas lítricos desenvolvidas durante a movimentação do sal e os falhamentos normais sintéticos e antitéticos geradas ainda na fase rifte (por ex. sistema de falhas de Cabo Frio).

Os sedimentos do Grupo Lagoa Feia entraram na janela de geração de óleo a partir do Eoceno e continuam gerando até o presente (Guardado *et al.*, 1989).

### 3.3 O Grupo Lagoa Feia

O Grupo Lagoa Feia compreende as fases rifte e *sag* da bacia de Campos e tem uma variação faciológica muito grande, incluindo conglomerados polimíticos, arenitos finos a conglomeráticos, folhelhos, siltitos e carbonatos (Figura 8). Esta associação foi interpretada como sistemas de leques aluviais, fluviais, lacustres e planície de *sabkha* segundo Rangel *et al.* (1994). Foi depositada em contato discordante sobre os basaltos da Formação Cabiúnas e em contato concordante sob os carbonatos do Grupo Macaé. Através de datações com base em ostracodes e palinomorfos, definiu-se uma idade nos andares locais Aratu, Buracica, Jiquiá e Alagoas, correspondentes aos andares internacionais Barremiano e Aptiano.

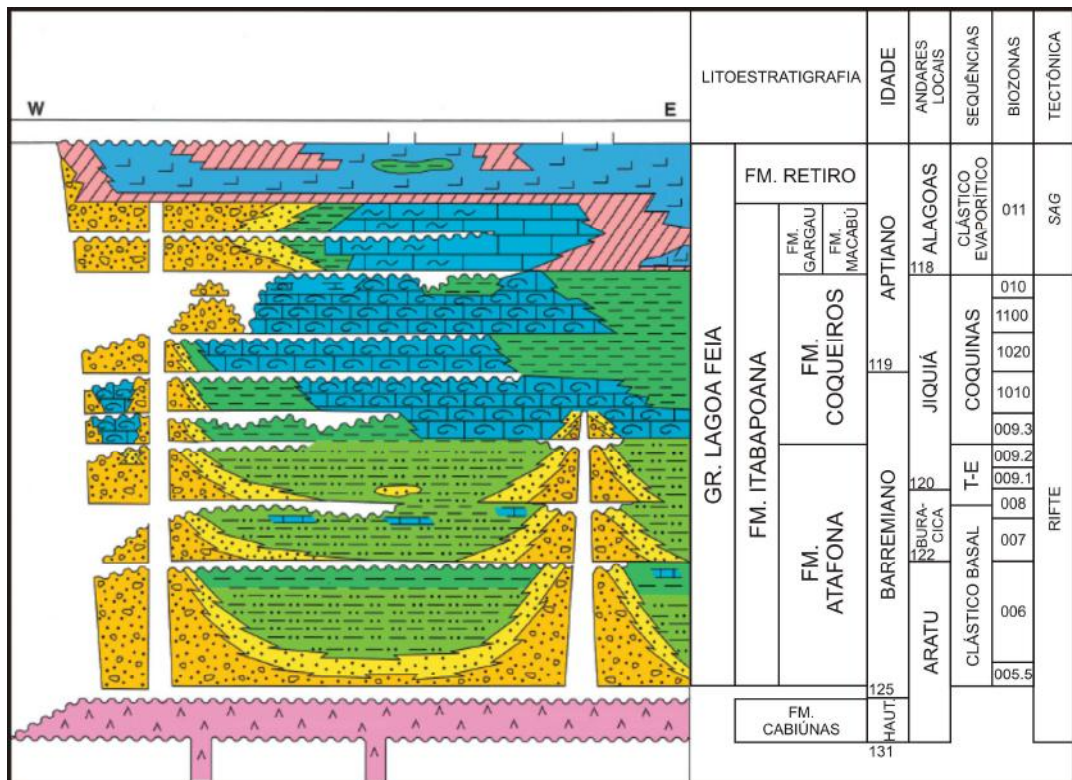


Figura 8- Coluna estratigráfica do Grupo Lagoa Feia. Número dos andares em milhões de anos e T-E significa sequência Talco-Estevensita. Modificado de Carvalho *et al.* (2000).

A sequência rifte do Grupo Lagoa Feia compreende da base para o topo segundo Winter *et al.*, (2007):

**Formação Itabapoana** – Representada por conglomerados polimíticos e arenitos líticos interpretados como fandeltas e leques aluviais, associados aos falhamentos de borda de blocos estruturais. Grada lateralmente na sequência rifte para as Formações Atafona e Coqueiros, seu contato superior com esses membros é discordante. Foi depositado durante o Cretáceo inferior até a base da precipitação evaporítica.

**Formação Atafona** – Representada por siltitos, arenitos, folhelhos e algumas delgadas camadas de carbonato, interpretados como um ambiente lacustre. A Formação Atafona apresenta uma particularidade que é a presença de pelotas argilominerais de talco-estevensita entre os componentes do arcabouço de suas camadas sílticas e arenosas. Esses argilominerais foram originados por processos de deposição química associados à atividade hidrotermal em lagos vulcânicos alcalinos segundo Winter *et al.* (2007). Nesta sequência ocorre também um pacote pelítico de ambiente lacustre de água doce conhecido como folhelho Buracica. Seu contato superior com a Formação Coqueiros é discordante. Foi depositado durante os andares Aratu, Buracica e Jiquiá.

**Formação Coqueiros** – Conhecida também como sequência das coquinas, esta unidade é representada por intercalações de folhelhos ricos em matéria orgânica e fácies carbonáticas. Várias fácies carbonáticas podem ser reconhecidas nessa sequência segundo Carvalho *et al.* (2000), entre elas calcilutitos, pelóides, oólitos e calciruditos compostos por conchas de pelecípodes (Figura 9). Esse ambiente é interpretado como lacustre e as espessas camadas de coquinas porosas são interpretadas como barras de coquinas, em modelo semelhante ao encontrado atualmente nas Bahamas. As coquinas são compostas de calcita, mas podem apresentar pelotas de talco-estevensita. São geralmente cimentadas por calcita, chert ou dolomita, em áreas de alta energia podem estar livres de matriz, representando assim

excelentes reservatórios segundo Dias *et al.* (1988). Seu contato superior com as formações Itabapoana, Macabu e Gargaú é discordante, representado pela discordância Pré-Neo-Alagoas. Foi depositado durante os andares locais Jiquiá e Alagoas.

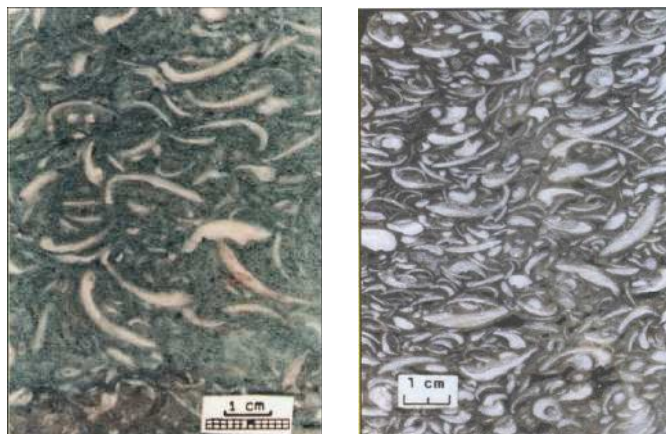


Figura 9 – Coquinas da Formação Coqueiros, à esquerda depositadas próximas à beira do lago e à direita em bancos de coquinas. Extraído de Carvalho *et al.*, (2000).

A sequência *sag* do Grupo Lagoa Feia compreende segundo Winter *et al.*, 2007:

**Formação Itabapoana** – Representada por conglomerados polimíticos e arenitos líticos interpretados como fandeltas e leques aluviais sobre lagos, associados aos falhamentos de borda de blocos estruturais. Grada lateralmente na sequência *sag* para as formações Itabapoana, Macabú e Gargaú, seu contato superior com esses membros é discordante. Foi depositado durante o Cretáceo Inferior até a base da precipitação evaporítica.

**Formação Gargau** – Representada por rochas pelíticas como folhelhos, margas e siltitos, mas algumas delgadas camadas de arenitos podem aparecer, interpretando o como um ambiente costeiro raso com eventuais aportes siliciclásticos mais grossos. Grada lateralmente para a Formação Macabu. Seu contato superior com a Formação Retiro é discordante representado pela discordância pré-evaporítica. Foi depositado durante o andar local Alagoas.

**Formação Macabú** – Representada por estromatólitos (Figura 10) e laminitos microbiais localmente silicificados com raros arenitos intercalados, interpretado como um ambiente de água rasa, árido e hipersalino. Essas condições estressantes deixaram esses locais livres de predadores, o que possibilitou o desenvolvimento dos estromatólitos. Seu contato



superior com a Formação Retiro é discordante representado pela discordância pré-evaporítica. Foi depositado durante o andar local Alagoas. A Formação Macabu é correlacionável com os reservatórios microbiais do pré-sal na Bacia de Santos descobridores dos campos gigantes de Tupi e Iracema.

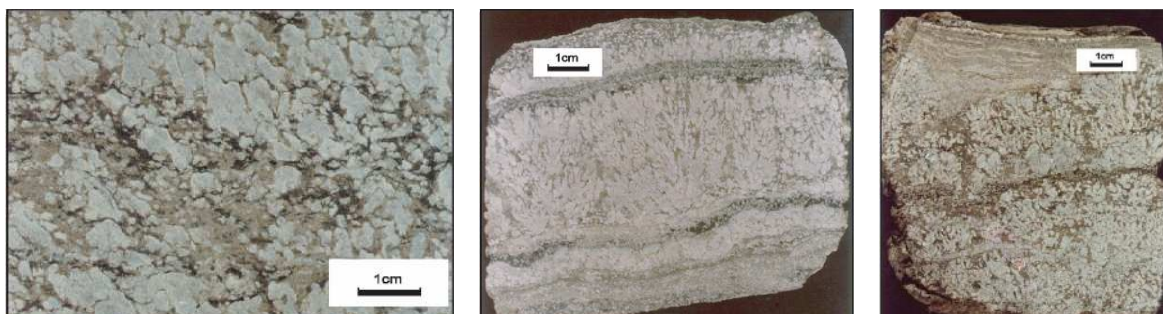


Figura 10 - Exemplos de estromatólito da Formação Macabu: estromatólito dendrítico/foliforme; estromatólito dendrítico e estromatólito foliforme. Extraído de Dias (2005).

**Formação Retiro** – Representado por sais de halita, anidrita, carnalita e silvinita. Essa precipitação evaporítica se processou em ambiente lacustre com influência marinha, como atestam os elevados teores de bromo nas halitas e os valores isotópicos de estrôncio das anidritas, compatíveis com as águas marinhas do final do Aptiano segundo Dias (2005, *apud* Dias, 1998). A precipitação desses evaporitos só foi possível devido à barreira vulcânica denominada Dorsal de São Paulo que impedia a livre circulação de águas marinhas nas bacias da margem leste a partir da Bacia de Santos, esse ambiente sem circulação associado ao clima árido resultou nas planícies de *sabkha*, planícies costeiras que em clima árido são ideais para precipitação de sais. Seu contato superior com o Grupo Macaé é concordante e foi depositado durante a parte superior do andar local Alagoas.

A importância do Grupo Lagoa Feia no contexto da exploração de petróleo na Bacia de Campos está na presença de importantes reservatórios, apresentar o principal folhelho gerador de óleo da bacia e a halocinese que estrutura reservatórios, molda espaços para deposição de areias canalizadas e gera falhas para migração do óleo. Além disso, os

estromatólitos da Formação Macabu podem ser considerados uma nova fronteira exploratória, devido às importantes descobertas em rochas correlatas na Bacia de Santos.

Pode-se correlacionar o Grupo Lagoa Feia com as formações Mariricú e Cricaré na Bacia do Espírito Santo e com a Formação Guaratiba na Bacia de Santos.

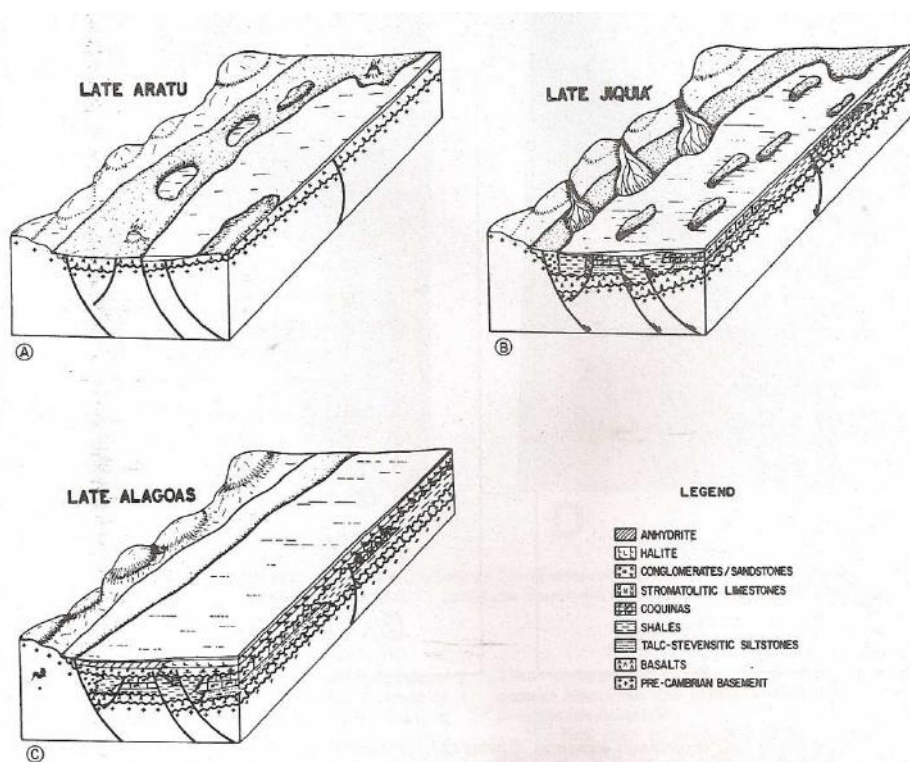


Figura 11 – Bloco diagramas mostrando a evolução fisiográfica da bacia durante o Eocretáceo: A. Aratu, mostrando lagos isolados; B. Jiquiá, mostrando a distribuição dos bancos de coquinas e folhelhos no lago; C. Alagoas, mostrando o modelo de deposição de sal em laguna. Extraído de Dias *et al.* (1988).



## 4 RESULTADOS

### 4.1 Eletrofácies

Para os seis poços da área foram definidas eletrofácies com base em diversas simulações no programa *Interactive Petrophysics* (Schlumberger) e na interpretação dos resultados foram utilizadas descrições de calha, amostras laterais e testemunhos. Assim, foram definidas dez eletrofácies (Tabela 1), vale ressaltar que um número muito grande de eletrofácies pode prejudicar a modelagem, pois gera um nível de detalhamento muito alto ao contrário de um número muito pequeno, onde se pode perder eletrofácies importantes na interpretação das litologias.

Os valores de leitura dos perfis geofísicos foram agrupados em *clusters* definidos pelo programa, onde cada um está relacionado a uma eletrofácies. Estas foram empilhadas em colunas de eletrofácies para os poços. As curvas utilizadas para a modelagem foram GR (raio gama), RHOB (densidade) e DT (sônico), enquanto a curva ILD (resistividade) não apresentou resultado satisfatório, e por tal motivo foi removida do processo.

Nem todas as eletrofácies definidas aparecem em todos os poços em razão da grande variação faciológica do Grupo Lagoa Feia e foi levado em consideração na modelagem. O topo da Formação Cabiúnas foi definido com base em marcos elétricos e com o padrão dos perfis disponíveis, assim como o topo do Grupo Lagoa Feia, que foi identificado pela “quebra” nos perfis entre o Grupo Macaé e a Formação Retiro.

Analisando cada eletrofácies sob a ótica do comportamento petrofísico e descrições litológicas disponíveis, foi possível interpretar litologicamente cada uma delas (Tabela 1).

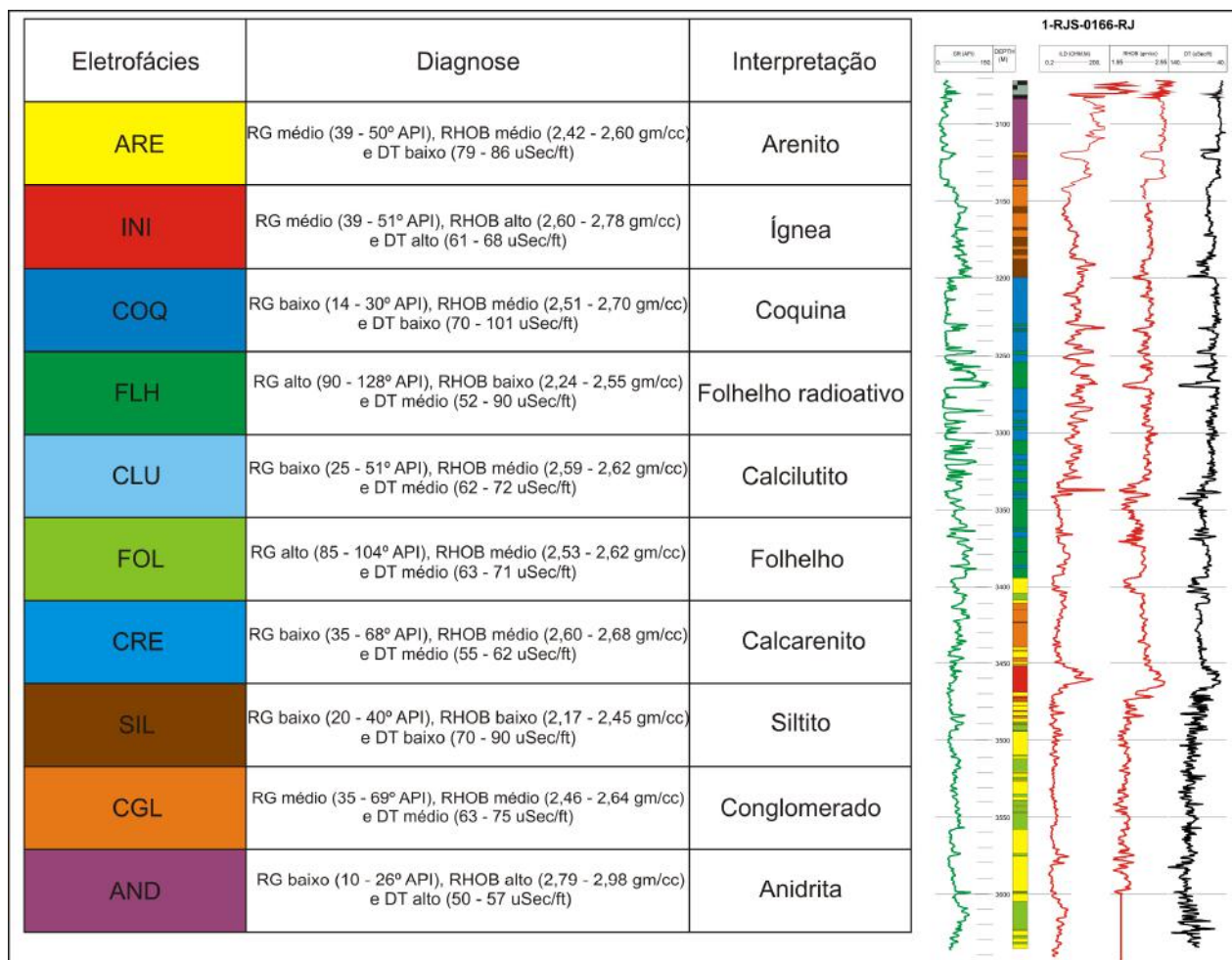


Tabela 1- Resumo da interpretação para cada eletrofácies. O poço 1-RJS-0166 está como exemplo do empilhamento das eletrofácies

**Eletrofácies ARE** (EF ARE) - possui médios valores de raio gama (39 – 50 API), médios valores de densidade (2,42 – 2,60 gm/cc) e altos valores no perfil sônico (79 – 86 uSec/ft). Utilizando descrição de calha e o padrão dos perfis caracterizou-se essa eletrofácies como sendo um arenito quartzoso.

**Eletrofácies INI** (EF INI) - apresenta médios valores de raio gama (39 – 51 API), altos valores de densidade (2,60 – 2,78 gm/cc) e altos valores no perfil sônico (61 - 68 uSec/ft). Com o auxílio de descrição de calha e pelo padrão dos perfis geofísicos caracterizou-se essa eletrofácies como uma rocha ígnea não-identificada. Essa eletrofácies aparece apenas no poço 1-RJS-0166 e provavelmente está relacionada a uma intrusão ígnea.

**Eletrofácies COQ (EF COQ)** - foram identificados baixos valores de raio gama (14 – 30 API), médios valores de densidade (2,51 – 2,70 gm/cc) e altos valores no perfil sônico (70 – 101 uSec/ft). Utilizando descrições de calha e testemunho, amostragem lateral e análise de perfis pode-se caracterizar essa eletrofácies como sendo composta por coquinas. Está presente nos poços 1-RJS-0166, 3-RJS-0614 e 3-RJS-0634-RJS e foi descrita no testemunho 1 do poço 1-RJS-0166 como calcarenitos cinza claro, fino, com bioclastos de coquinas com de até 2 cm.

**Eletrofácies FLH (EF FLH)** - possui altos valores de raio gama (90 – 128 API), baixos valores de densidade (2,24 – 2,55 gm/cc) e médios valores no perfil sônico (52 – 74 uSec/ft). Com base em descrições de calha, amostragem lateral e análise de perfis, essa eletrofácies foi interpretada como um folhelho radioativo. Essa eletrofácies tem valores mais altos de raio gama do que a EF FOL, também interpretada como folhelho, em razão disso foi interpretada como um folhelho radioativo. Essa eletrofácies está presente nos poços 1-RJS-0166, 3-RJS-0614 e 3-RJS-0634-RJS e foi descrita no testemunho 1 do poço 1-RJS-0166 como um folhelho escuro, calcífero, micromicáceo, duro e com manchas de óleo. Das eletrofácies descritas essa é a que tem maior potencial para ser geradora de hidrocarboneto, devido à alta concentração de matéria orgânica e altos valores de resistividade, corroborado pelos indícios de óleo em amostra lateral e calha.

**Eletrofácies CLU (EF CLU)** - apresenta baixos valores de raio gama (25 – 51 API), médios valores de densidade (2,59 – 2,62 gm/cc) e médios valores no perfil sônico (62 – 72 uSec/ft). Usando descrições de calha, amostra lateral e análise de perfis, essa eletrofácies foi interpretada como calcilutito. Esta eletrofácies se distribui principalmente nos poços 3-RJS-0614 e 3-RJS-0634-RJS. Em amostra lateral do poço 3-RJS-0614 foi descrita como um calcilutito cinza, piritoso, calcífero e duro.

**Eletrofácies FOL (EL FOL)** - possui valores altos de raio gama (85 – 104 API), médios valores de densidade (2,53 – 2,62 gm/cc) e médios valores no perfil sônico (63 – 71

uSec/ft). Utilizando as descrições de calha, amostras laterais e análise de perfis, essa eletrofácies foi caracterizada como sendo um folhelho. Está presente em todos os poços em delgadas camadas. No poço 3-RJS-0614 foi descrita em amostra lateral como um folhelho cinza, piritoso, calcífero e muito duro.

**Eletrofácies CRE (EF CRE)** - apresenta médios valores de raio gama (35 – 68 API), médios valores de densidade (2,60 – 2,68 gm/cc) e médios valores no perfil sônico (55 – 62 uSec/ft). Com base nas descrições de amostras laterais, calha e análise de perfis, essa eletrofácies foi interpretada como sendo um calcarenito. Está presente nos poços 3-RJS-0614 e 3-RJS-0634-RJ. No poço 3-RJS-0614 foi descrito em amostra lateral como calcarenito creme claro, médio a grosso, oolítico ou peloidal com matriz micrítica. Alguns níveis dessa eletrofácies foram descritos na pasta de poço como sendo microbialitos e laminitos microbiais, o que define a Formação Macabu (Winter *et al.*, 2007).

**Eletrofácies SIL (EF SIL)** - foram identificados baixos valores de raio gama (20 – 40 API), baixos valores de densidade (2,17 – 2,45 gm/cc) e baixos valores no perfil sônico (70 – 90 uSec/ft). Utilizando as descrições litológicas de calha, essa eletrofácies foi caracterizada como sendo um Siltito.

**Eletrofácies CGL (EF CGL)** - possui médios valores de raio gama (35 – 69 API), médios valores de densidade (2,46 – 2,64 gm/cc) e médios valores de sônico (63 – 75 uSec/ft). Com base nas descrições litológicas de calha e amostras laterais, essa eletrofácies foi interpretada como um conglomerado. Ocorre geralmente abaixo de um espesso pacote abaixo da EF AND podendo também ocorrer em níveis menores em outras profundidades. No poço 3-RJS-0614 foi descrita em amostra lateral como um conglomerado cinza esverdeado, polimítico com fragmentos de rochas ígneas e sedimentares.

**Eletrofácies AND (EF AND)** apresenta baixos valores de raio gama (10 – 26 API), altos valores de densidade (2,79 - 2,98 gm/cc) e altos valores no perfil sônico (50 – 57

uSec/ft) (numericamente o valor é baixo, mas a escala do perfil sônico geralmente é utilizada invertida para facilitar a assimilação de quem lê, observa-se um aumento da curva para direita quanto menor o valor numérico do perfil DT, pois a unidade padrão é uSec/ft, inverso da unidade de velocidade que seria nesse caso ft/uSec, em razão disso, esta inversão foi adotada para todas as eletrofácies). Com base em interpretação de perfis, e nas descrições litológicas disponíveis, essa eletrofácies foi interpretada como uma rocha constituída por anidrita. Ocorre em todos os poços deste estudo, sempre na parte superior do Grupo Lagoa Feia.

As colunas de eletrofácies empilhadas para cada um dos seis poços serão apresentadas no próximo capítulo.

## 4.2 Eletrossequências

Após a análise de eletrofácies, seguiu-se com a marcação de eletro-horizontes nos poços tendo como base mudanças no padrão das eletrofácies e observação de marcos elétricos. Com isso foi possível o reconhecimento de cinco eletrossequências que foram ainda correlacionadas com as sequências reconhecidas no poço 1-RJS-0078-RJ segundo do campo de Pampo – Alto de Badejo (Guardado *et al.*, 1989), região análoga ao Alto de Cabo Frio e onde foi definido o Grupo Lagoa Feia.

**Eletrossequência 1 (ES-1)** – é composta pelas eletrofácies EF ARE, EF FOL, EF SIL, EF CGL. Secundariamente, no poço 1-RJS-0166 aparece a EF INI, provavelmente relacionada a uma intrusão ígnea. O que caracteriza principalmente essa eletrossequência é apresentar em seu topo o deslocamento para a esquerda dos perfis de RHOB, DT e ILD, que representa a discordância do topo do Buracica (1-RJS-0166) e discordância da base do conglomerado relacionado à presença de argilo-minerais de talco-estevensita e o aumento da presença da EF SIL nos poços 1-RJS-0100 e 1-RJS-0105. A base desta eletrossequência foi reconhecida nos poços 1-RJS-0100 e 1-RJS-0105 pela discordância entre a Formação Cabiúnas de idade Neocomiano (Figura 17) chamada neste trabalho de eletro-horizonte da discordância do topo do embasamento (DISC EMB). Esta eletrossequência pode ser atribuída à Formação Atafona, de idade Buracica segundo a carta estratigráfica de Winter *et al.* (2007).

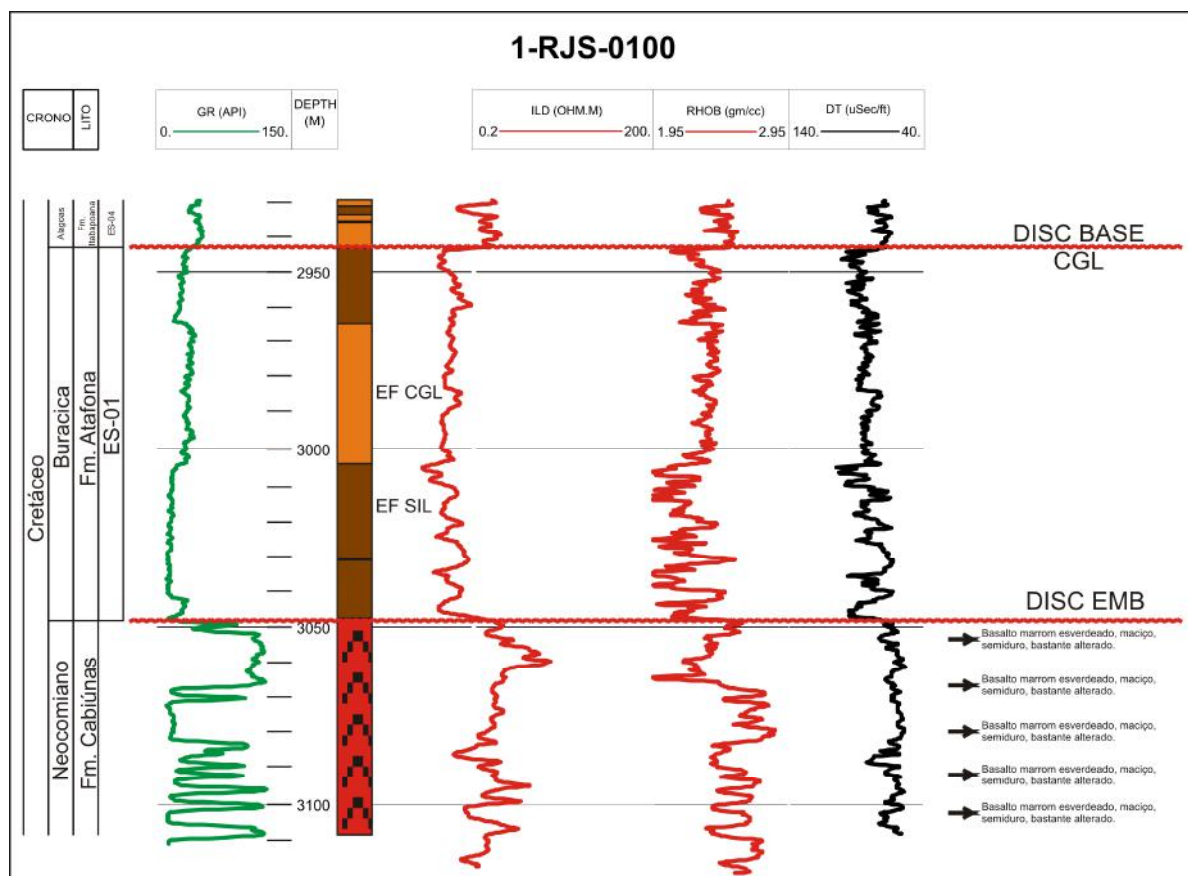


Figura 12 – Detalhe do poço 1-RJS-0100, notar as discordâncias que limitam a ES-01 e as amostras laterais corroborando a interpretação da Formação Cabiúna (Legenda: ver tabela 1).

**Eletrossequência 2 (ES-02)** – composta exclusivamente pelas eletrofácies EF COQ e EF FLH, ocorre nos poços 1-RJS-0166, 3-RJS-0614 e 3-RJS-0637. Seu contato superior é discordante representado pela discordância do topo do Jiquiá e pela discordância da base do conglomerado no poço 1-RJS-0166 (Figura 16). Seu contato inferior aparece apenas no poço 1-RJS-0166 e é reconhecido pela mudança no padrão de eletrofácies e pela quebra para a esquerda dos perfis de RHOB, DT e ILD (Figura 15), esta discordância foi atribuída como à discordância do topo do Buracica (DISC BURAC). Foi identificado ainda nessa eletrossequência um nível da EF FLH com resistividade muito alta. Devido a isso e aos indícios de óleo descritos em amostra lateral e altos valores de COT (8%), este nível foi definido como um possível gerador de hidrocarbonetos. Essa eletrossequência pode ser

atribuída à Formação Coqueiros de idade Jiquiá, tendo como base a descrição litológica de Winter *et al.* (2007).

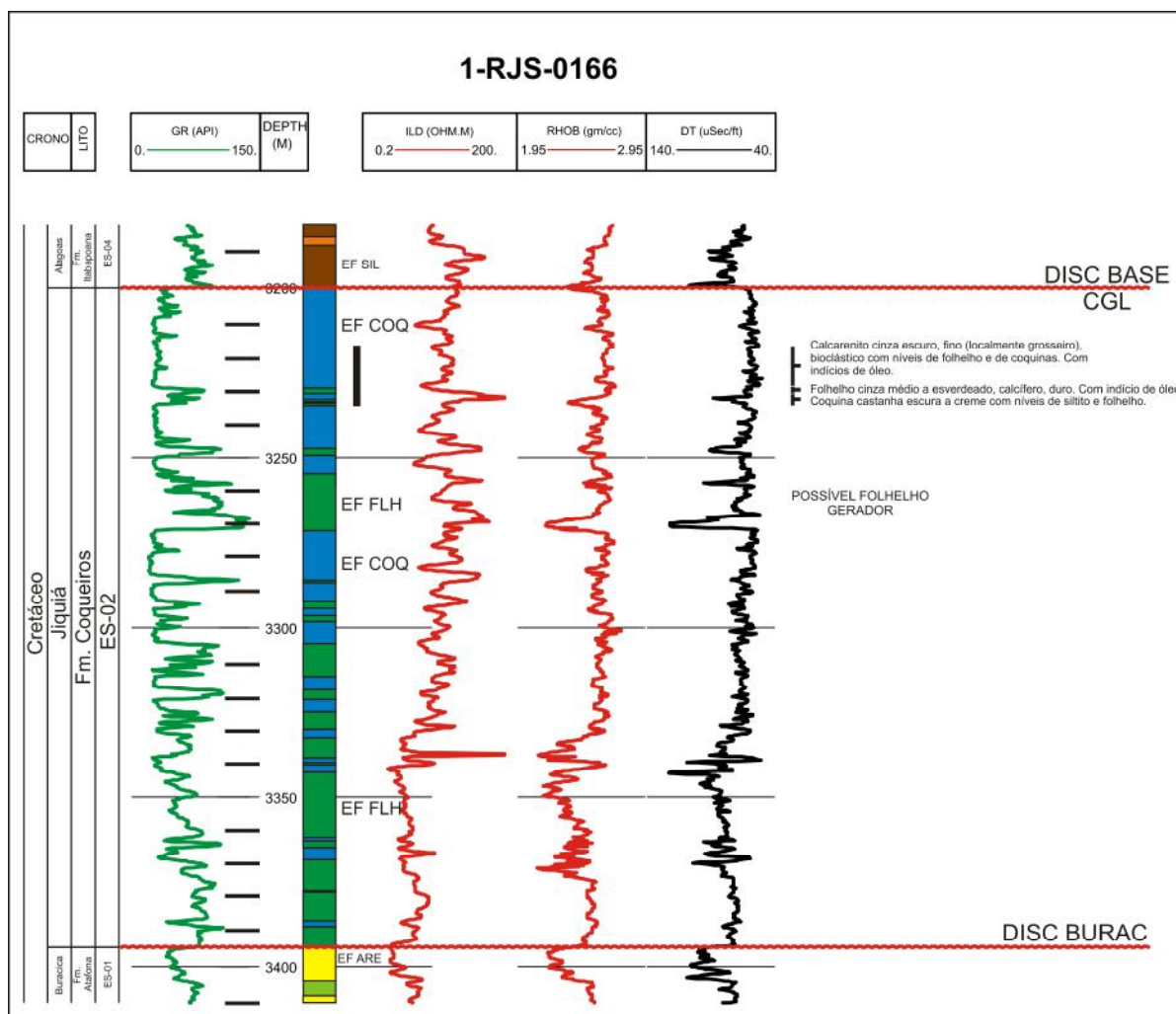


Figura 13 – Detalhe do poço 1-RJS-0166, notar a diferença do padrão de eletrofácies entre as eletrossequências, a quebra para a esquerda dos perfis ILD, RHOB e DT que caracteriza a discordância do topo do Buracica e o possível nível gerador (Legenda: ver tabela 1).

**Eletrossequência 3 (ES-03)**- esta eletrossequência é composta pelas eletrofácies EF CRE, EF CLU, EF FOL, EF FLH e EF COQ. Ocorre nos poços 3-RJS-0637 e 3-RJS-0614 em sua maior parte sob a ES-04, mas ocorrendo também acima dela no poço 3-RJS-0614. Seu contato com a ES-04 é discordante (DISC BASE CGL) e identificado pela mudança no padrão de eletrofácies. Está depositada em contato discordante (discordância do topo do Jiquiá) sobre a ES-02, contato este identificado pela mudança no padrão das eletrofácies e



uma quebra no perfil de resistividade e GR para esquerda (Figura 15). Esta eletrossequência é descrita na pasta de poço como um carbonato microbial. De acordo com a carta estratigráfica de Winter *et al.* (2007), esta eletrossequência foi definida como Formação Macabú, de idade Alagoas.

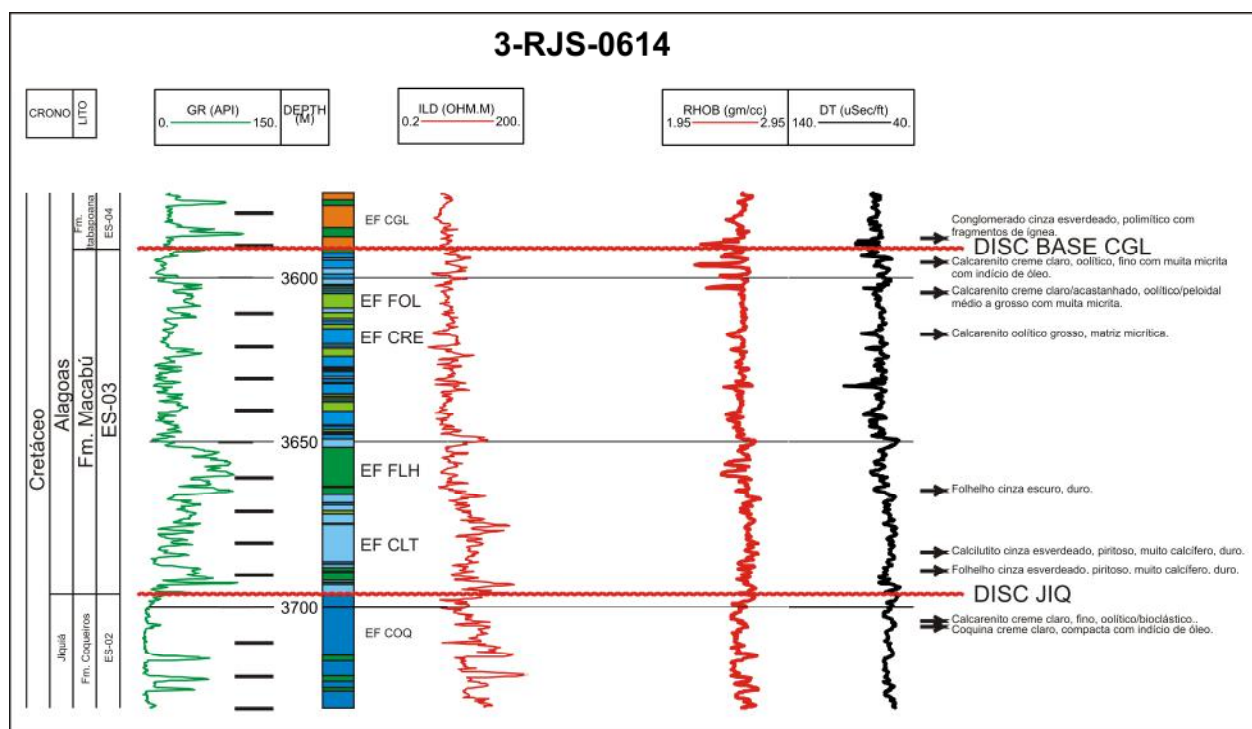


Figura 14 – Detalhe do poço 3-RJS-0614. Notar a diferença no padrão das eletrofácies e dos perfis entre as eletrossequências e também as amostras laterais corroborando as eletrofácies definidas (Legenda: ver tabela 1).

**Eletrossequência 4 (ES-04)** – esta eletrossequência é caracterizada pelo predomínio da EF CGL, e secundariamente pelas EF SIL, EF FLH e EF FOL. Ocorre geralmente abaixo da ES-05 em contato concordante, com exceção do poço 3-RJS-0614 (Figura 13), onde ocorre sob a ES-03, também em contato concordante. De acordo com a descrição litológica de Winter *et al.* (2007), essa eletrossequência foi definida litologicamente como a Formação Itabapoana, de idade Alagoas. Nos poços 1-RJS-0100 e 1-RJS-0105 está depositada em contato discordante sobre a ES-01, definida como de idade Buracica. Esta discordância é identificada por uma significativa queda nos valores dos perfis de ILD, RHOB e DT, que está

relacionada (geólogo Osvaldo Braga, informação verbal) à presença de argilo-minerais de talco-estevensita que, na região do Alto de Cabo Frio, representam o topo da idade Buracica. Esta discordância foi chamada neste trabalho de eletro-horizonte da discordância da base do conglomerado (DISC BASE CGL) (Figura 14). No poço 1-RJS-0166, a ES-04 ocorre sobre contato discordante com a ES-02, definida como de idade Jiquiá, este contato é dito discordante por representar a mesma discordância erosiva da base do conglomerado já dita acima. Já nos poços 3-RJS-0614 e 3-RJS-0637 a ES-04 está depositada em contato discordante com a ES-03, também definida como de idade Alagoas. Este contato é da mesma discordância já citada acima. A interpretação desses conglomerados como de leques aluviais em borda de falhas não é muito coerente na região do Alto de Cabo Frio devido a sua grande distribuição espacial. Portanto esses conglomerados devem estar relacionados a um pulso tectônico que levantou o embasamento na área adjacente e espalhou grandes quantidades de conglomerado.

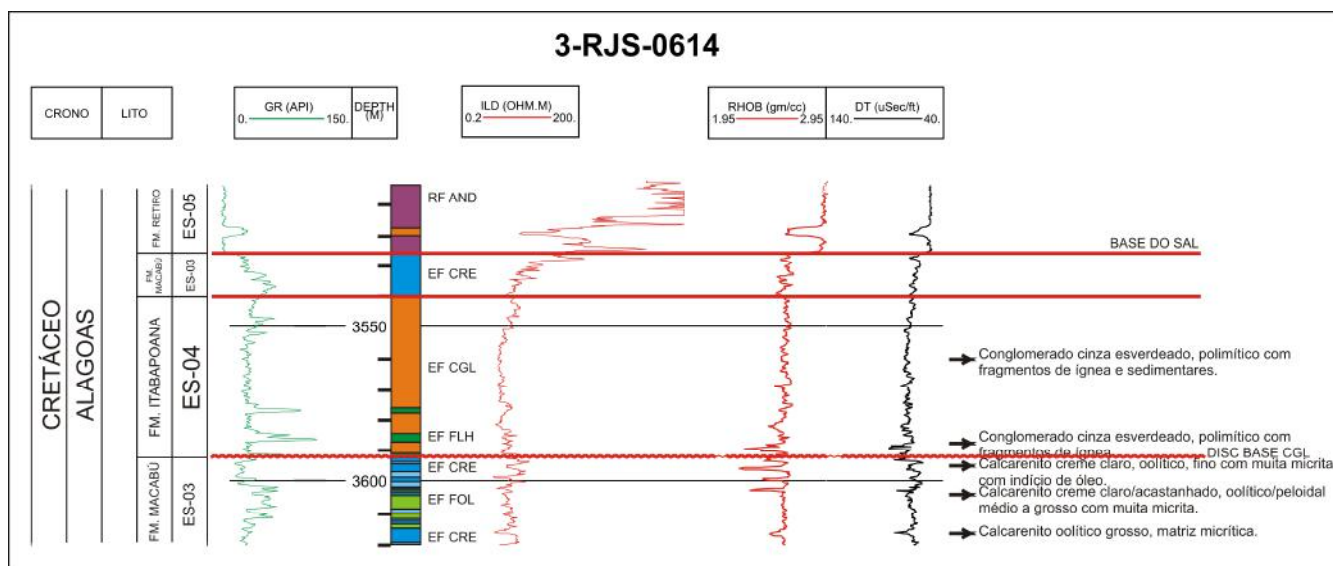


Figura 15 – Detalhe do poço 3-RJS-0614 com suas respectivas curvas, notar a presença da ES-03 sobre a ES-04 (Legenda: ver tabela 1).

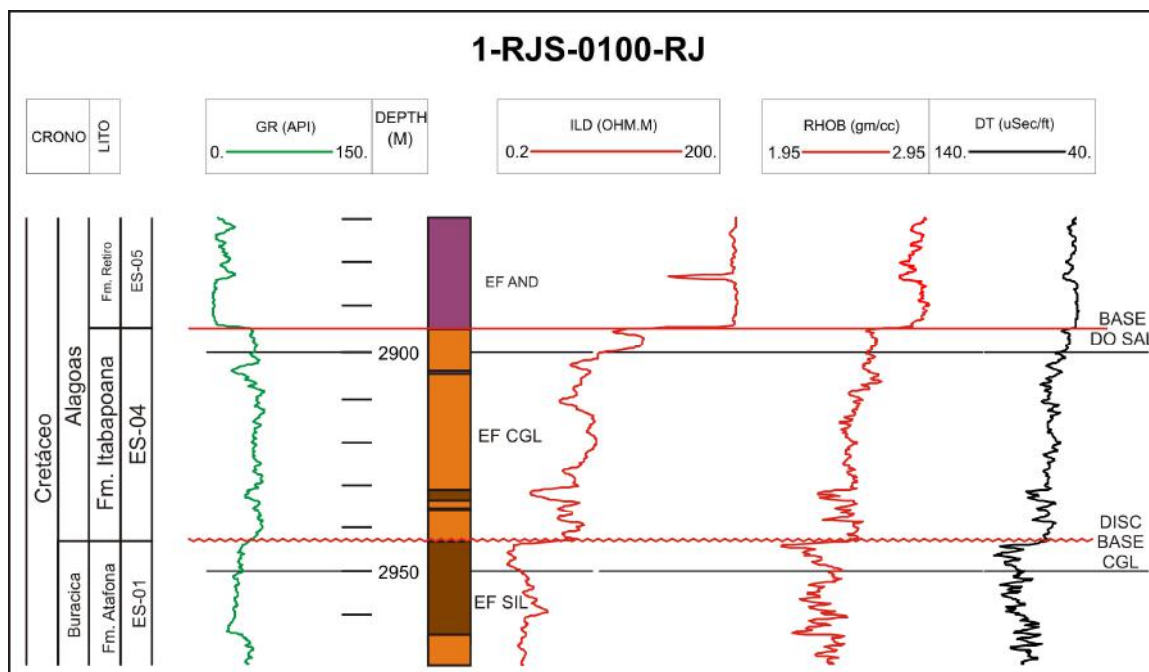


Figura 16 – Detalhe do poço 1-RJS-0100 com suas respectivas curvas, notar a presença da ES-04 em contato discordante sobre a ES-01, a discordância da base do conglomerado. Notar também o deslocamento para esquerda das curvas de RHOB, ILD E DT que marca a entrada na ES-01 (Legenda: ver tabela 1).

**Eletrossequência 5 (ES-5)** – caracterizada pela presença quase que exclusiva da EF AND, é limitada no topo por uma quebra bem característica de diminuição de GR e forte aumento dos perfis de ILD, RHOB e DT. Esta quebra está relacionada ao contraste litológico entre os carbonatos do Grupo Macaé e a anidrita da EF AND. Na base, uma quebra bem característica pode ser identificada com um aumento do GR e diminuição dos perfis de ILD, RHOB e DT. Esta quebra foi identificada como um eletro-horizonte da base do sal (BASE DO SAL). A ES-5 se mostra presente em todos os poços deste trabalho e pode ser correlacionada de acordo com a carta estratigráfica de Winter *et al.* (2007) com a Formação Retiro e representa rochas de idade Alagoas (Figura 12). Importante notar que no poço 1-RJS-0107, a Formação Retiro (ES-05) está depositada sobre a Formação Cabiúnas. Apesar da definição de sequência (sucessão sedimentar limitada no topo e na base por discordâncias)

não se aplicar nesta ES-05, ela foi definida como uma eletrossequência neste trabalho a fim de facilitar sua individualização.

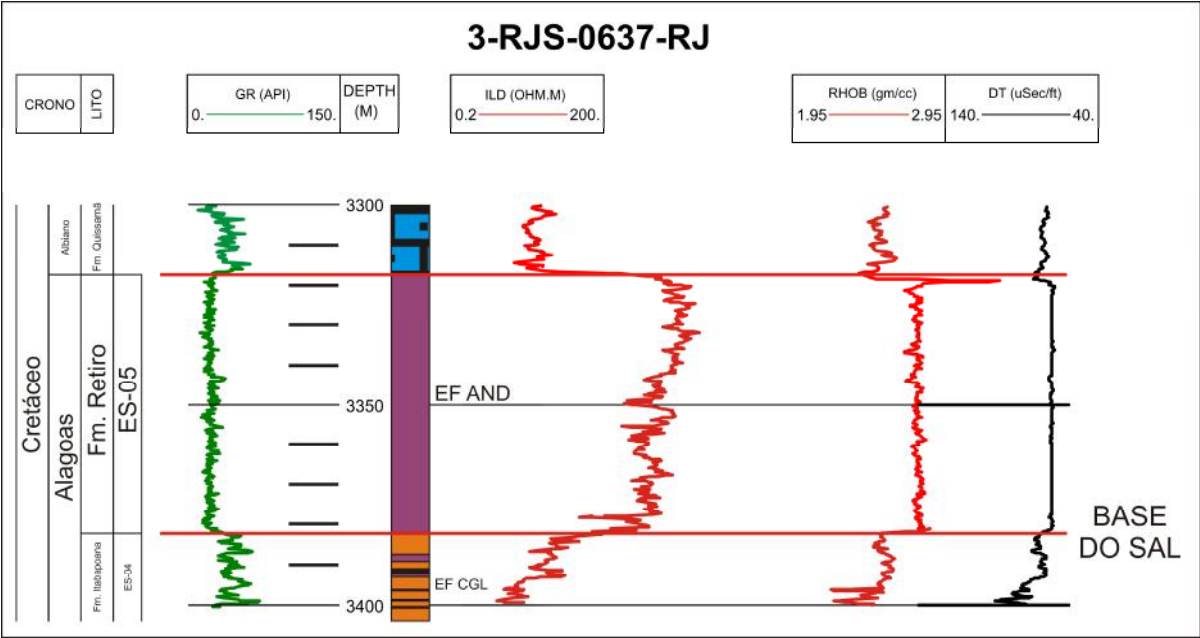


Figura 17 – Detalhe do poço 3-RJS-0637. Notar a presença da ES-05 relacionada ao predomínio da EF AND e o contato da base do sal (BASE DO SAL) (Legenda: ver tabela 1).

A fim de corroborar as eletrossequências propostas nesse trabalho, foi feita uma correlação com as sequências definidas por Guardado *et al.* (1989) no poço 1-RJS-0078-RJ do campo de Pampo, onde foi definido o Grupo Lagoa Feia. Ele definiu três fácies para a megassequência não marinha: (I) leques aluviais, fandeltas e depósitos transicionais; (II) carbonatos e folhelhos lacustres e (III) coquinas e folhelhos. Na base desses depósitos folhelhos e siltitos ricos em talco-estevensita.

Nesse contexto, a fácies de anidrita e dolomita de Guardado *et al.* (1989) foi correlacionada com a ES-05; a fácies I superior (conglomerados, folhelhos e siltitos) foram correlacionadas com a ES-04; as fácies III, II e I (coquinas, folhelhos e siltitos) foram correlacionadas com a ES-03; a fácies III (coquinas) inferior foi correlacionada com a ES-02 e as fácies II e I (folhelhos e siltitos com talco-estevensita) inferiores foram correlacionadas a ES-01 (Figura 18).

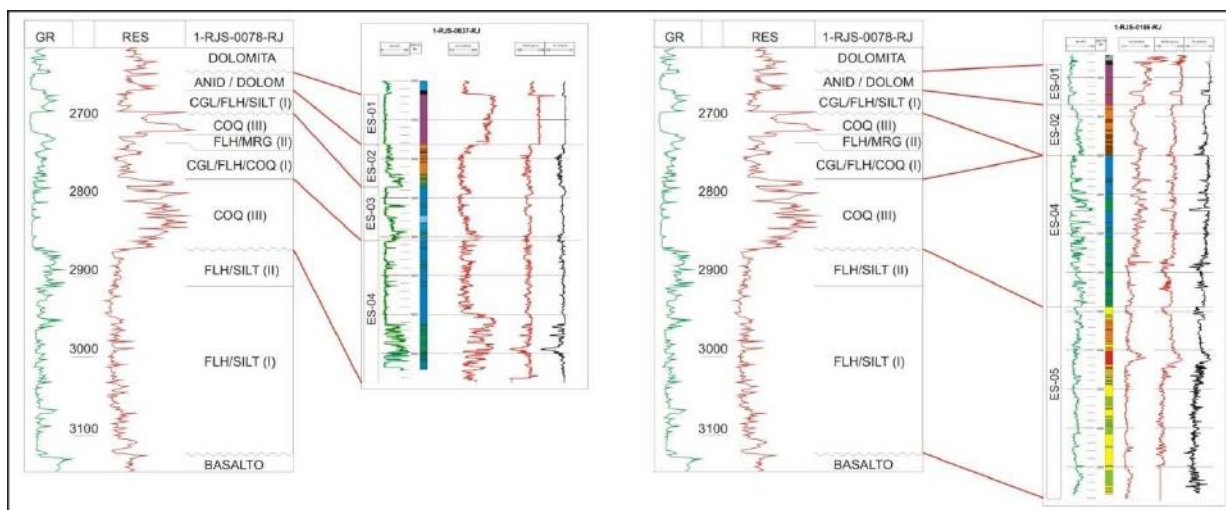


Figura 18 – Comparação entre as fácies propostas por Guardado *et al.* (1989) no poço 1-RJS-0078-RJ e as eletrossequências propostas neste trabalho nos poços 1-RJS-0637-RJ e 1-RJS-0166. Poço 1-RJS-0078-RJ extraído de Guardado *et al.* (1989)

Com as eletrossequências, discordâncias e idades definidas, foi possível montar a coluna de eletrofácies para cada um dos poços com todas as informações disponíveis.

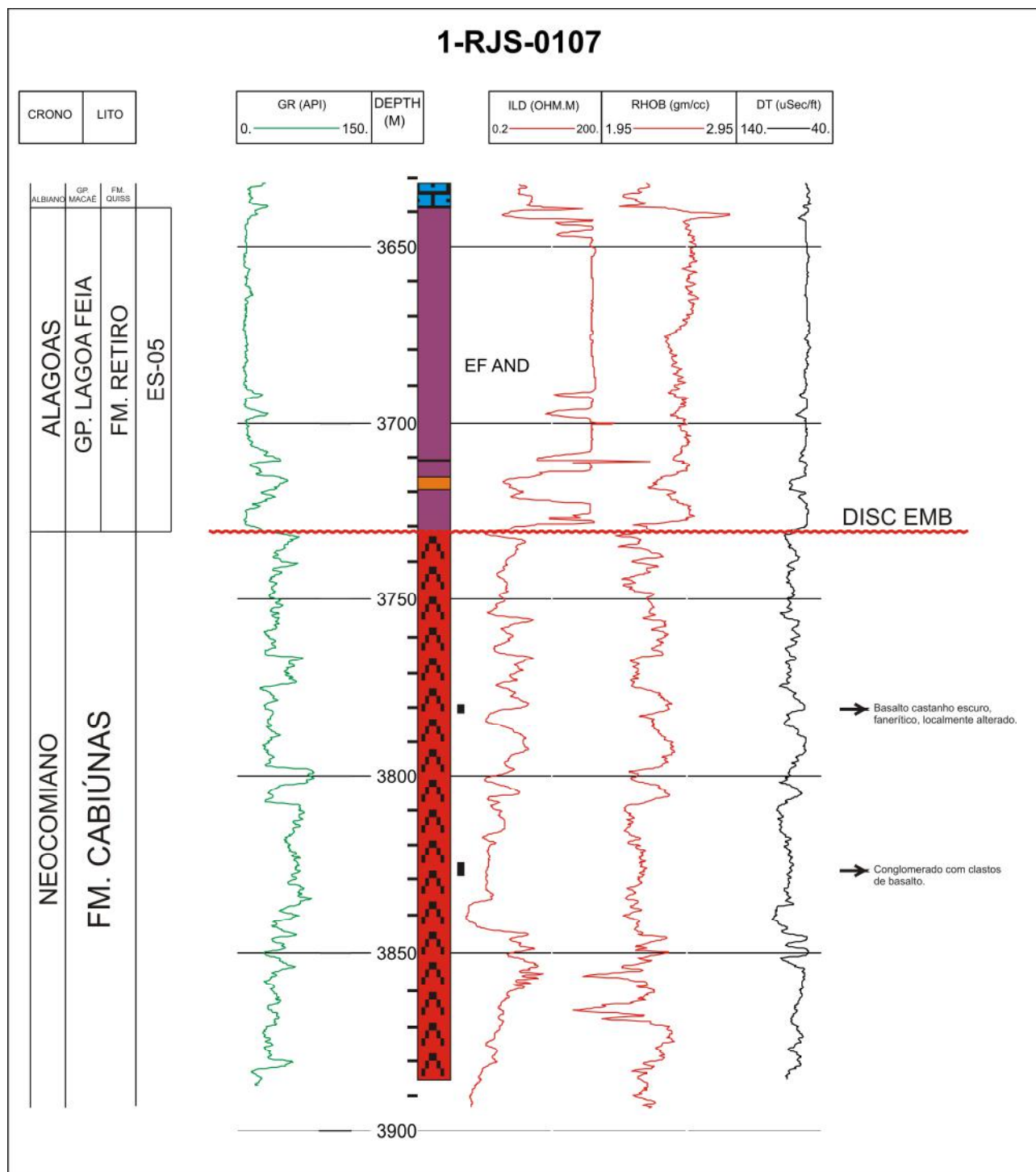


Figura 19 – Coluna de eletrofácies do poço 1-RJS-0107 com suas respectivas curvas, eletrossequências definidas e discordâncias reconhecidas (Legenda: ver tabela 1).





(Legenda: ver tabela 1).

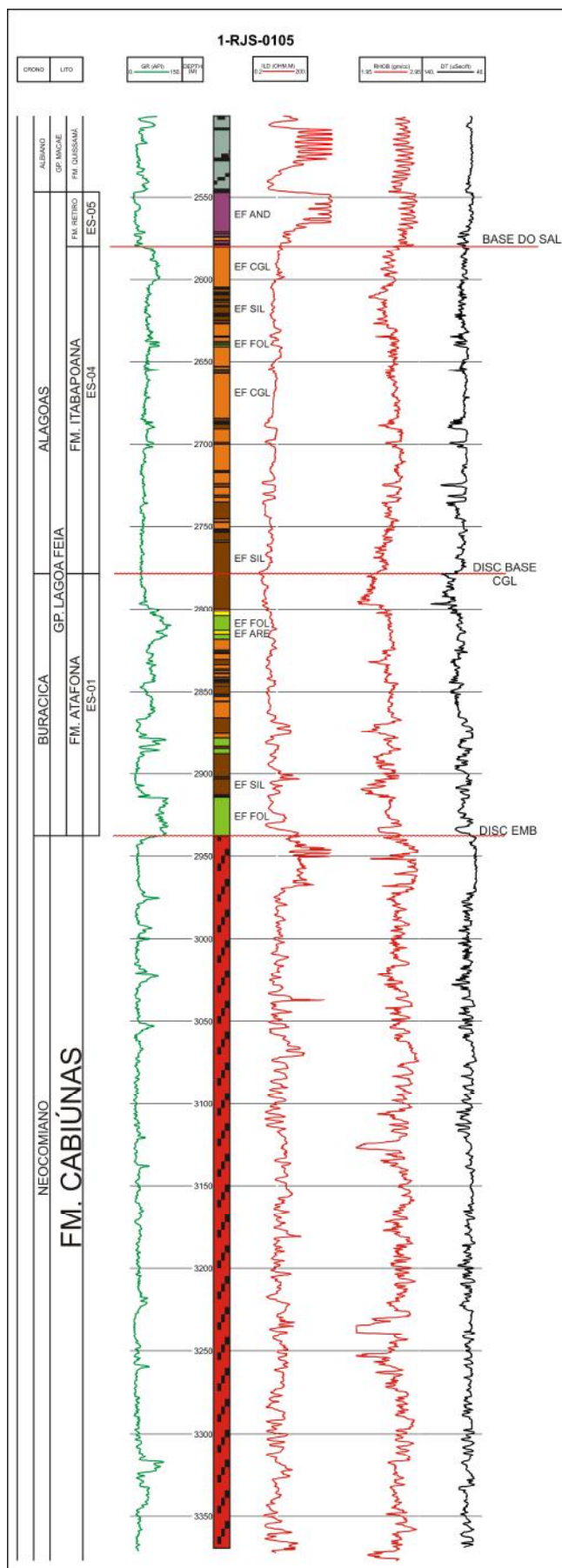


Figura 21 – Coluna de eletrofácies do poço 1-RJS-0105 com suas respectivas curvas, eletrossequências definidas e discordâncias reconhecidas (Legenda: ver tabela 1).



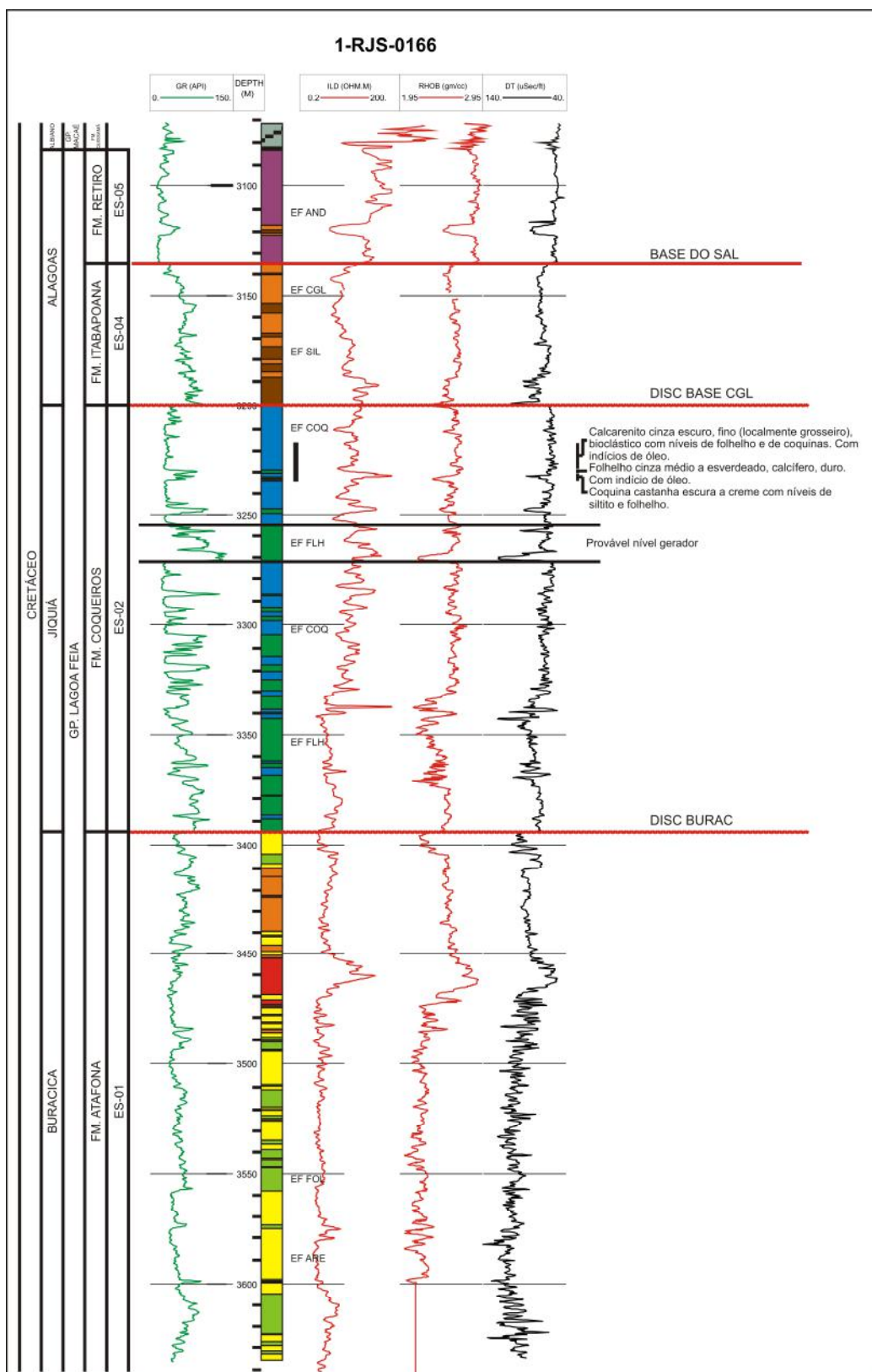


Figura 22 – Coluna de eletrofácies do poço 1-RJS-0166 com suas respectivas curvas, eletrossequências definidas e discordâncias reconhecidas. Notar a descrição de testemunho corroborando a interpretação das eletrofácies (Legenda: ver tabela 1).

Figura 23 – Coluna de eletrofácies do poço 3-RJS-0614 com suas respectivas curvas, eletrossequências definidas e discordâncias reconhecidas. Notar as descrições de amostras laterais corroborando a interpretação para as eletrofácies e o possível nível gerador definido (Legenda: ver tabela 1).

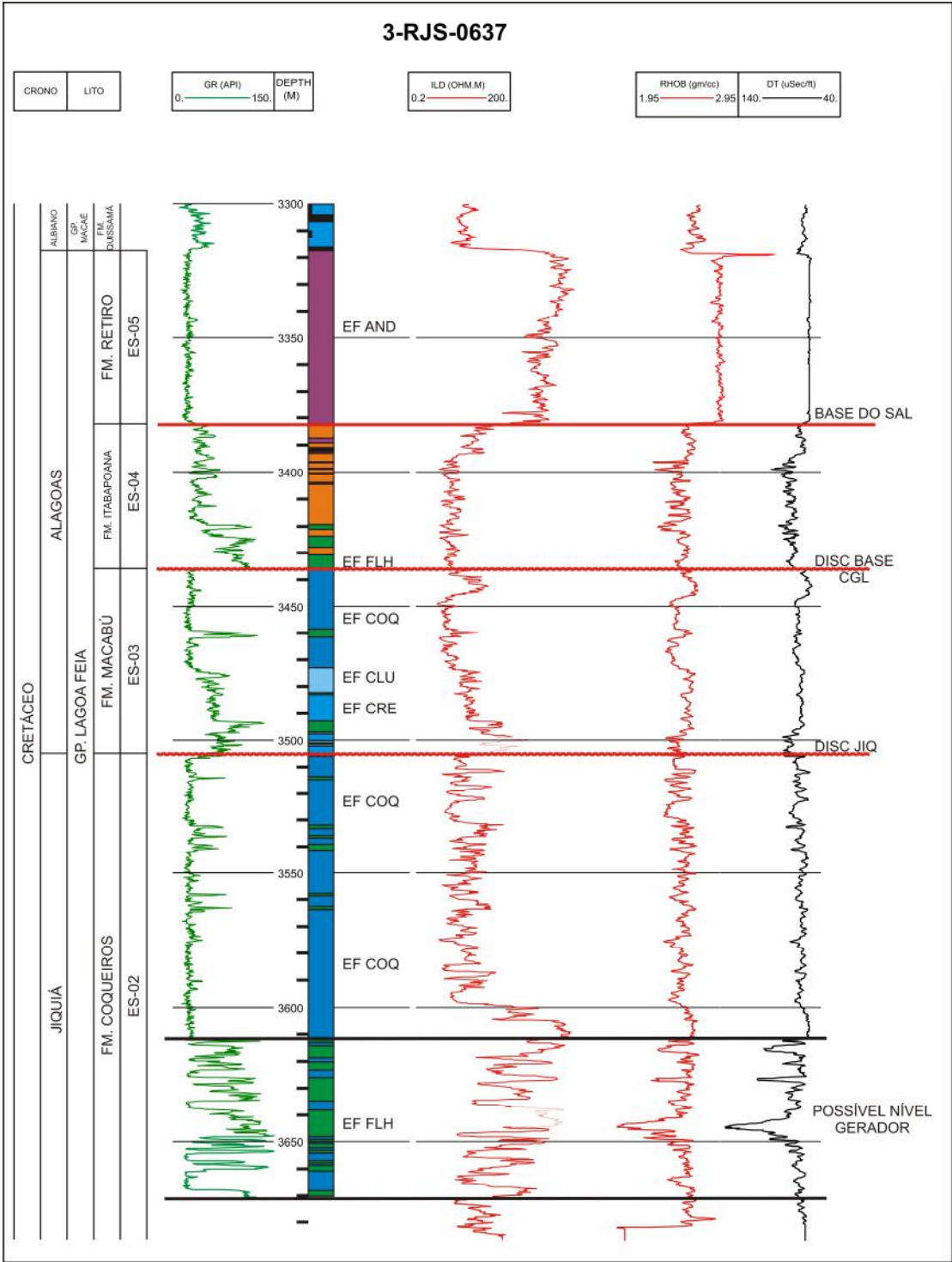


Figura 24 – Coluna de eletrofácies do poço 3-RJS-0637 com suas respectivas curvas, eletrosequências definidas e discordâncias reconhecidas. Notar o possível nível gerador definido (Legenda: ver tabela 1).

### 4.3 Discussão

Após a elaboração da coluna de eletrofácies para cada um dos poços com as eletrossequências e discordâncias, foi possível estabelecer uma correlação entre os mesmos por meio de uma seção estratigráfica (Figura 23), utilizando como datum a base do sal, para entender o comportamento das eletrossequências entre esses poços. A partir dessa correlação foi observado:

A presença da ES-01, na área dos poços estudados, corresponde às camadas de anidritas ( $\text{CaSO}_4$ ) da Formação Retiro e ocorrem em todos os poços analisados com espessura média de 50 m.

O espaço para deposição de sedimentos cada vez menor de leste para oeste, melhor observado entre os poços 1-RJS-0105, 1-RJS-0100 e 1-RJS-0107, com a subida da Formação Cabiúnas até o contato com o sal no poço 1-RJS-0107, indicando um depocentro mais a leste;

A ES-02 correspondente à Formação Itabapoana está presente em todos os poços com exceção do poço 1-RJS-0107, demonstrando assim que ocorre um truncamento dessa eletrossequência de idade Alagoas na região;

A ocorrência da ES-03 correspondente aos calcarenitos e carbonatos microbiais da Formação Macabú. Restringe-se apenas aos poços mais no depocentro da região que são truncados para norte e para oeste;

A ES-04 correspondente a sequência das coquilhas e ocorre apenas nos poços mais a leste, demonstrando assim que são truncadas para norte e para oeste;

A ES-05 correspondente a Formação Atafona, encontra-se em truncamento erosivo para oeste (1-RJS-0100) e noroeste (1-RJS-0105);

O nível do folhelho gerador da EF-FLH encontra-se bem marcado nos poços 1-RJS-0166, 3-RJS-0614 e 3-RJS-0637.



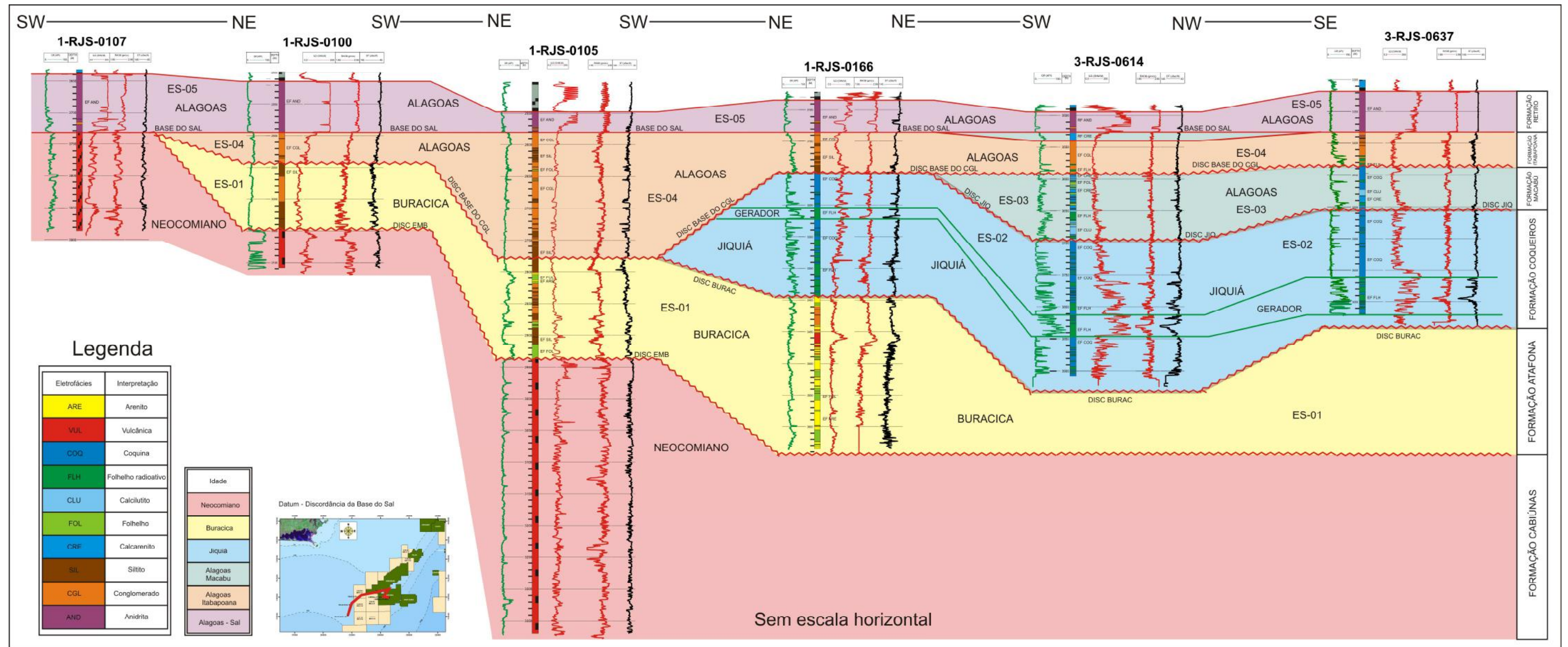


Figura 25 – Seção estratigráfica utilizando todos os poços deste trabalho de direção geral SW-NE. Notar a ES-05 correspondente à Formação Retiro em todos os poços; o depocentro da região mais a leste; o truncamento do andar Jiquiá (ES-02) contra a discordância da base do conglomerado (ES-04) entre os poços 1-RJS-0166 e 1-RJS-0105; o truncamento do andar Buracica contra a discordância da base do conglomerado (ES-04) entre os poços 1-RJS-0107 e 1-RJS-0100; truncamento dos microbiais do Alagoas (ES-03) contra a discordância da base do conglomerado (ES-04) entre os poços 3-RJS-0614 e 1-RJS-0166, ocorrendo somente no depocentro da região e o nível do possível folhelho gerador.

Em seguida foram definidos horizontes mapeáveis na sísmica a fim de se compreender a distribuição espacial das eletrossequências, caracterizar discordâncias e comprovar as observações feitas na seção estratigráfica.

Os horizontes escolhidos para mapeamento foram as discordâncias já apresentadas no capítulo anterior, devido ao contraste litológico entre as eletrossequências que deve apresentar bons refletores a serem mapeados.

Os horizontes mapeados foram: Base do Sal (base da ES-05), Discordância da Base do conglomerado (base da ES-04), Discordância do topo do Jiquiá (topo ES-02), Discordância do topo do Buracica (topo ES-01) e Discordância do topo do Embasamento (base da ES-01).

Esses poços foram amarrados à sísmica e os horizontes definidos com a ajuda dos perfis, após isso os mesmos foram mapeados em sísmica 2D (Figura 26) convertida para profundidade.

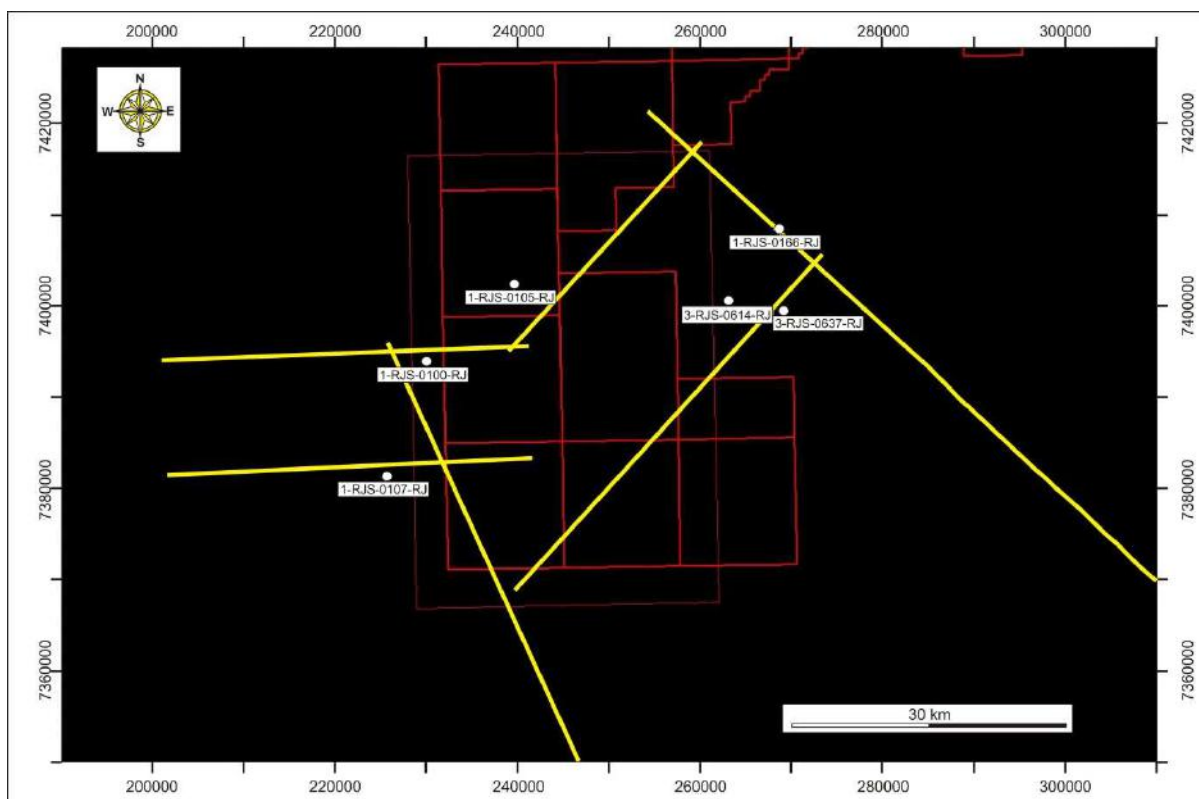


Figura 26 – Mapa de localização das linhas sísmicas com os poços.

O mapeamento corroborou as interpretações realizadas na seção estratigráfica, o truncamento da ES-03 (microbiais do Alagoas) sobre a discordância que ocorre na base da ES-04 (conglomerados do Alagoas) em toda área, de leste para oeste e a norte e sul da área, explica o que ocorre entre os poços 3-RJS-0614, 3-RJS-0637 e 1-RJS-0166, onde nos dois primeiros encontramos a ES-03 (microbiais do Alagoas) por cima da ES-04 (coquinas do Jiquiá) e no segundo já encontramos a ES-04 (conglomerados do Alagoas) por cima da ES-02 (coquinas do Jiquiá) (Figura 27). Podemos comprovar também pelo mapeamento, a presença dos microbiais apenas no depocentro da área.

A explicação para que entre a ES-02 (coquinas do Jiquiá) que estava sobre a ES-01 (Buracica) no poço 1-RJS-0166 não ser encontrada no poço 1-RJS-0105 (neste poço a ES-04 que está sobre a ES-01) é que ocorre também um truncamento dessa seção sobre a discordância da base da ES-04 (Figura 28 e 29). Este truncamento é facilmente identificado também pelo adelgaçamento erosivo da sismofácies típica para essa seção de refletores bem contínuos e com alta amplitude, isso se deve pela intercalação entre folhelhos e coquinas dessa sequência.

Foi identificada em sísmica a camada de folhelho gerador observada nos três poços mais a leste na seção estratigráfica. Esta camada foi identificada apenas em uma linha (Figura 30) provavelmente devido à qualidade da sísmica. Este folhelho apresenta um sismofácies bem característico como um refletor de forte amplitude negativa.

Já a seção de idade Buracica (ES-01) também trunca contra a discordância da base do conglomerado. Os conglomerados do Alagoas (ES-04) truncam contra o embasamento para oeste da área, isso explica que as seções presentes no poço 1-RJS-0100 não aparecerem no poço 1-RJS-0107, já que neste poço o embasamento está em contato com o sal (ES-05). Na linha sísmica entre os poços 1-RJS-0100 e 1-RJS-0107, este truncamento foi facilmente identificado (Figura 31). O embasamento encontra-se em posição estruturalmente mais

elevada nas porções oeste e norte da área, justificando o menor espaço deposicional gerado nessas regiões.



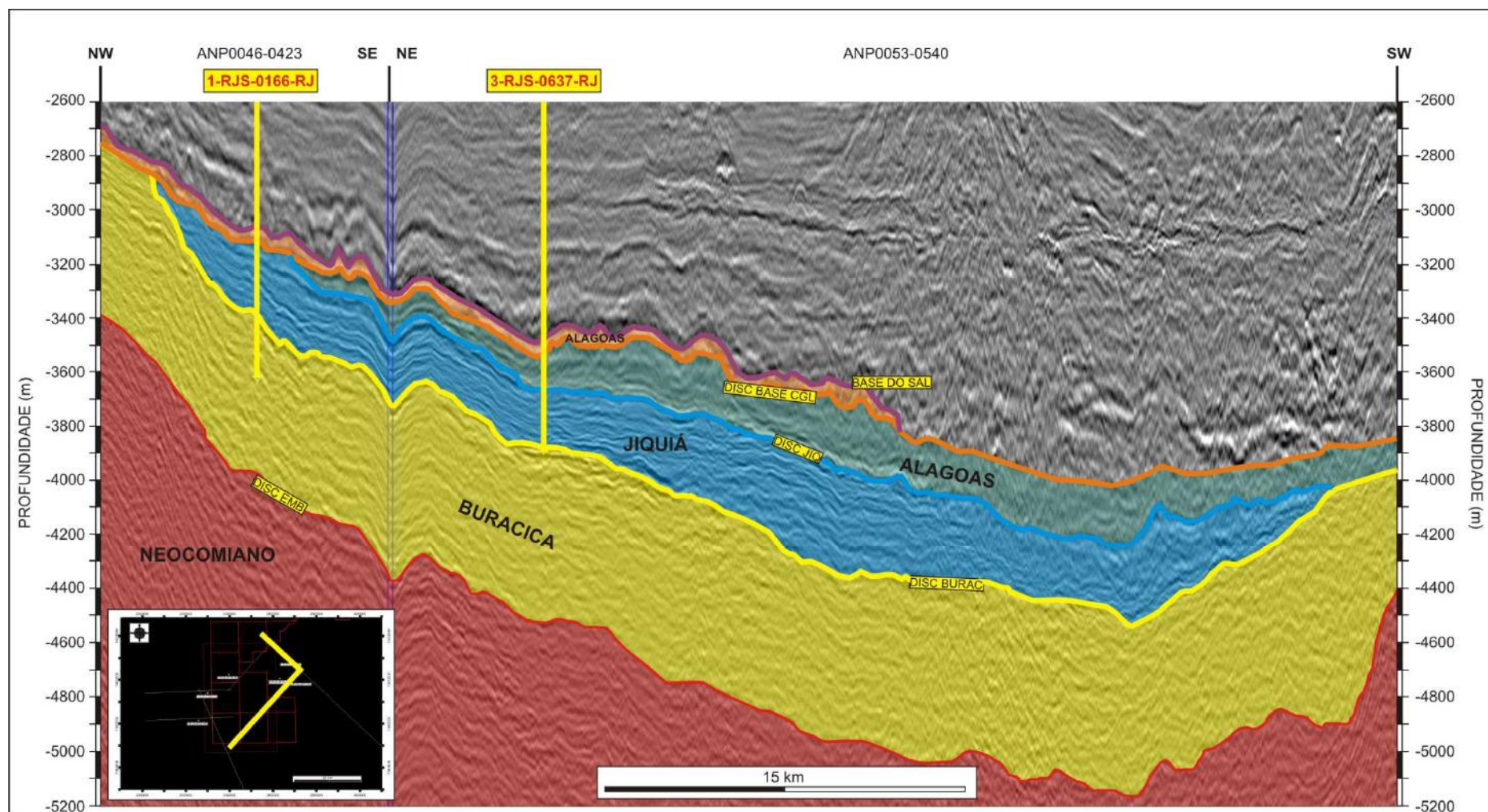


Figura 27 – Seção sísmica de direção NW-SE e NE-SW passando pelo poço 1-RJS-0166 e com o poço 3-RJS-0637 projetado. Observar o truncamento dos carbonatos microbiais do Alagoas (ES-03) sobre a discordância da base da ES-04 (em laranja). Notar também a presença dos microbiais apenas no depocentro.

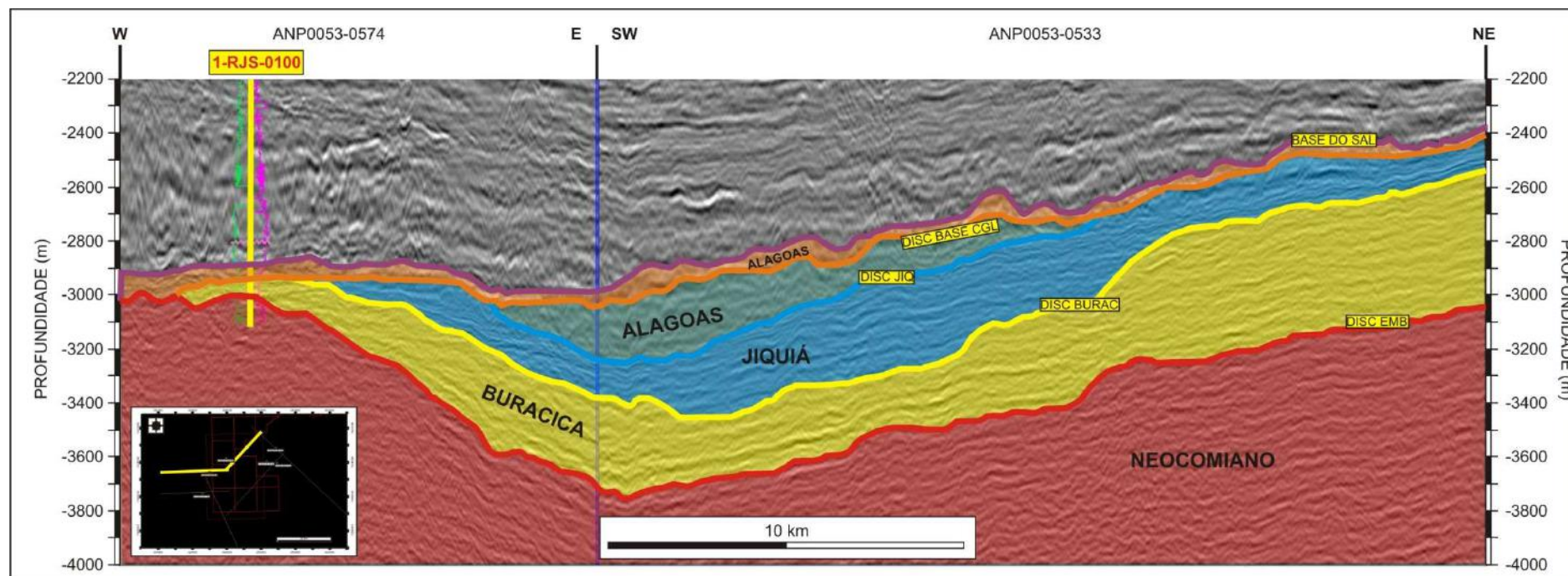


Figura 28 – Linha sísmica de direção NW-SE. Notar o truncamento das seções do Jiquiá (ES-02) e dos Microbiais do Alagoas (ES-03 ) contra a discordância da base dos conglomerados do Alagoas (ES-04) para NW e SE e a subida do embasamento para NW.



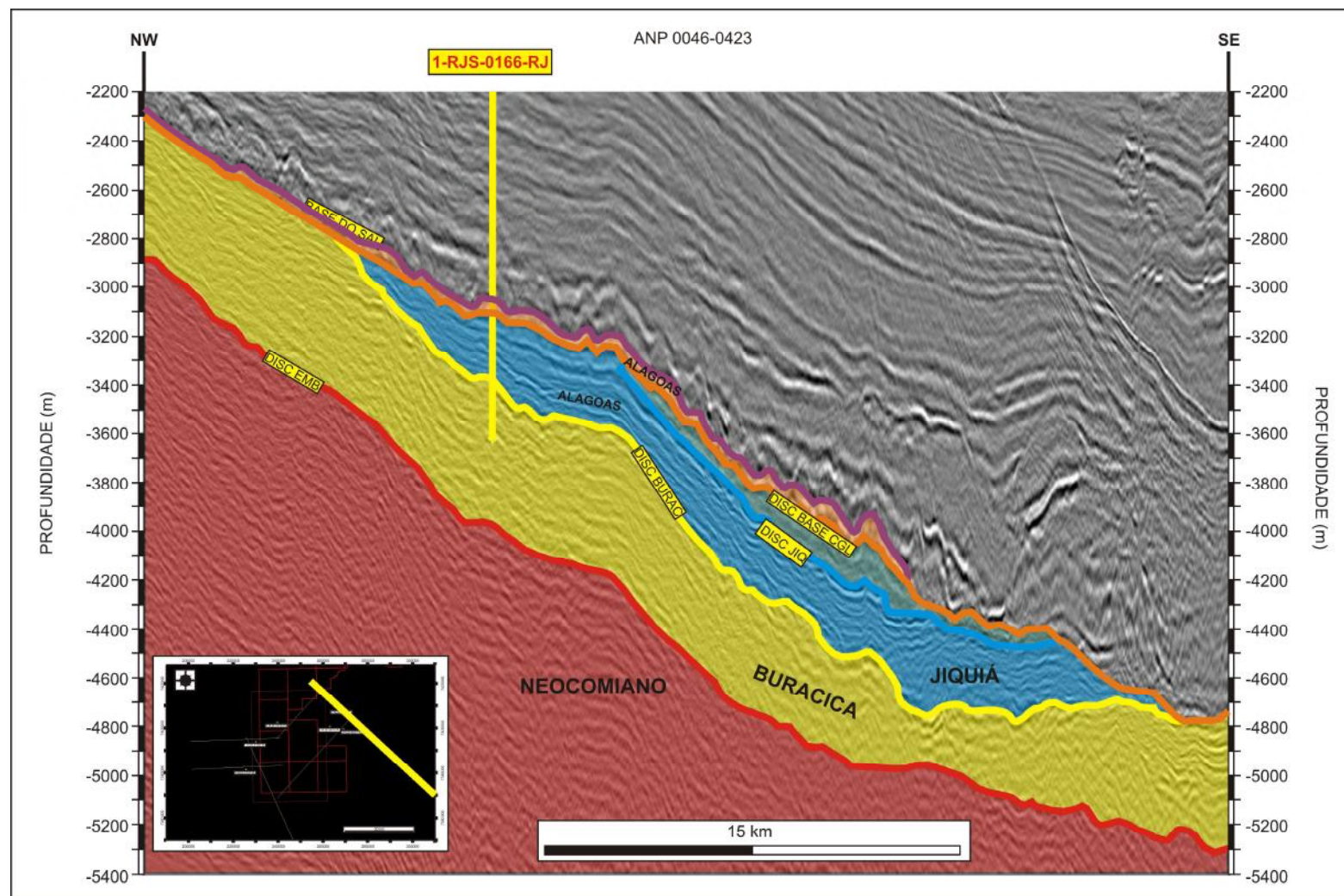


Figura 29 – Linha sísmica de direção NW-SE. Notar o truncamento das seções do Jiquiá (ES-02) e dos Microbiais do Alagoas (ES-03) contra a discordância da base dos conglomerados do Alagoas (ES-04) para NW e SE e a subida do embasamento para NW.

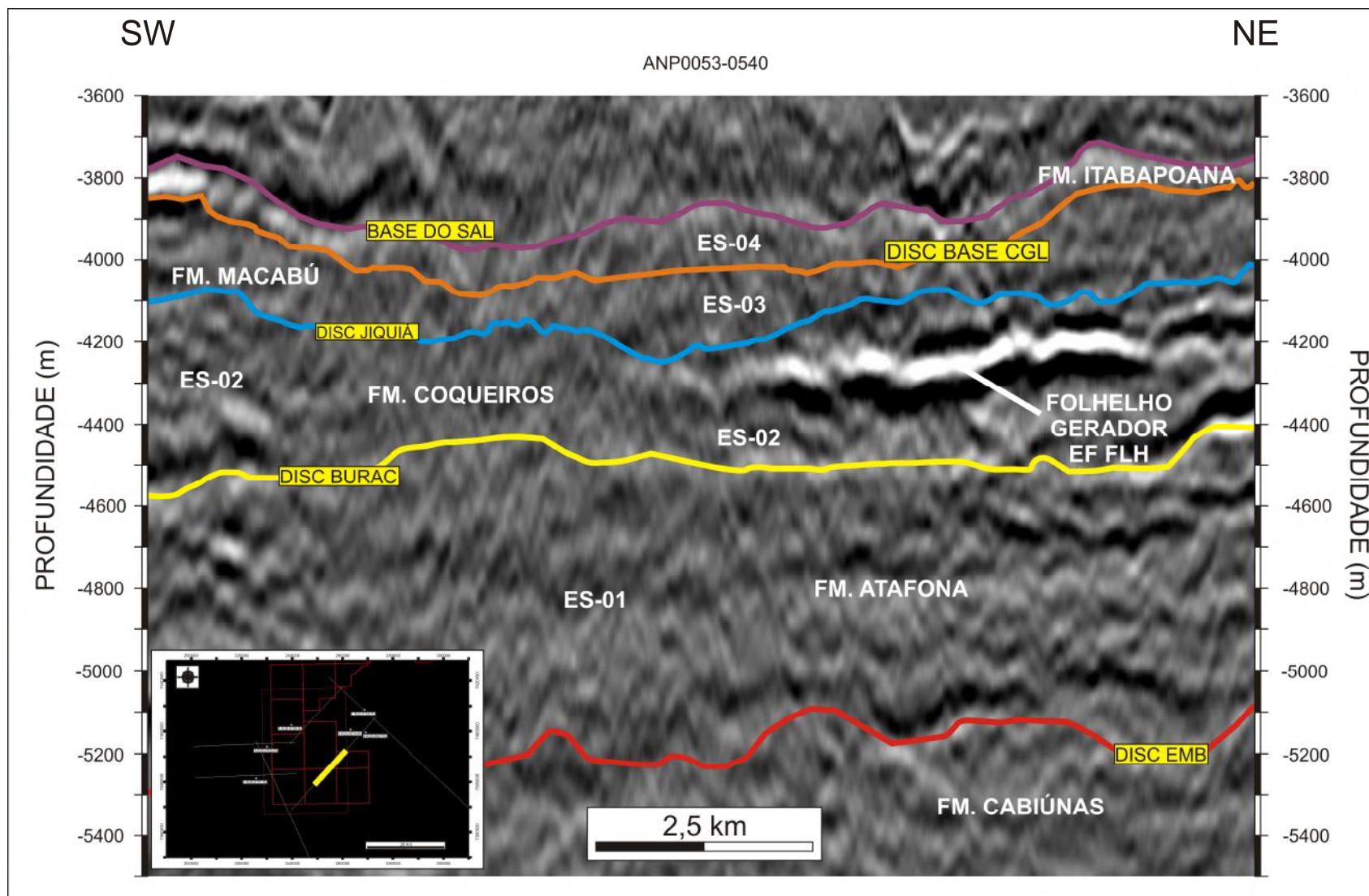


Figura 30 – Detalhe da linha sísmica ANP0053-0540 de direção SW-NE, notar o refletor de alta amplitude que foi identificado como o folhelho gerador de idade Jiquiá (EF FLH).



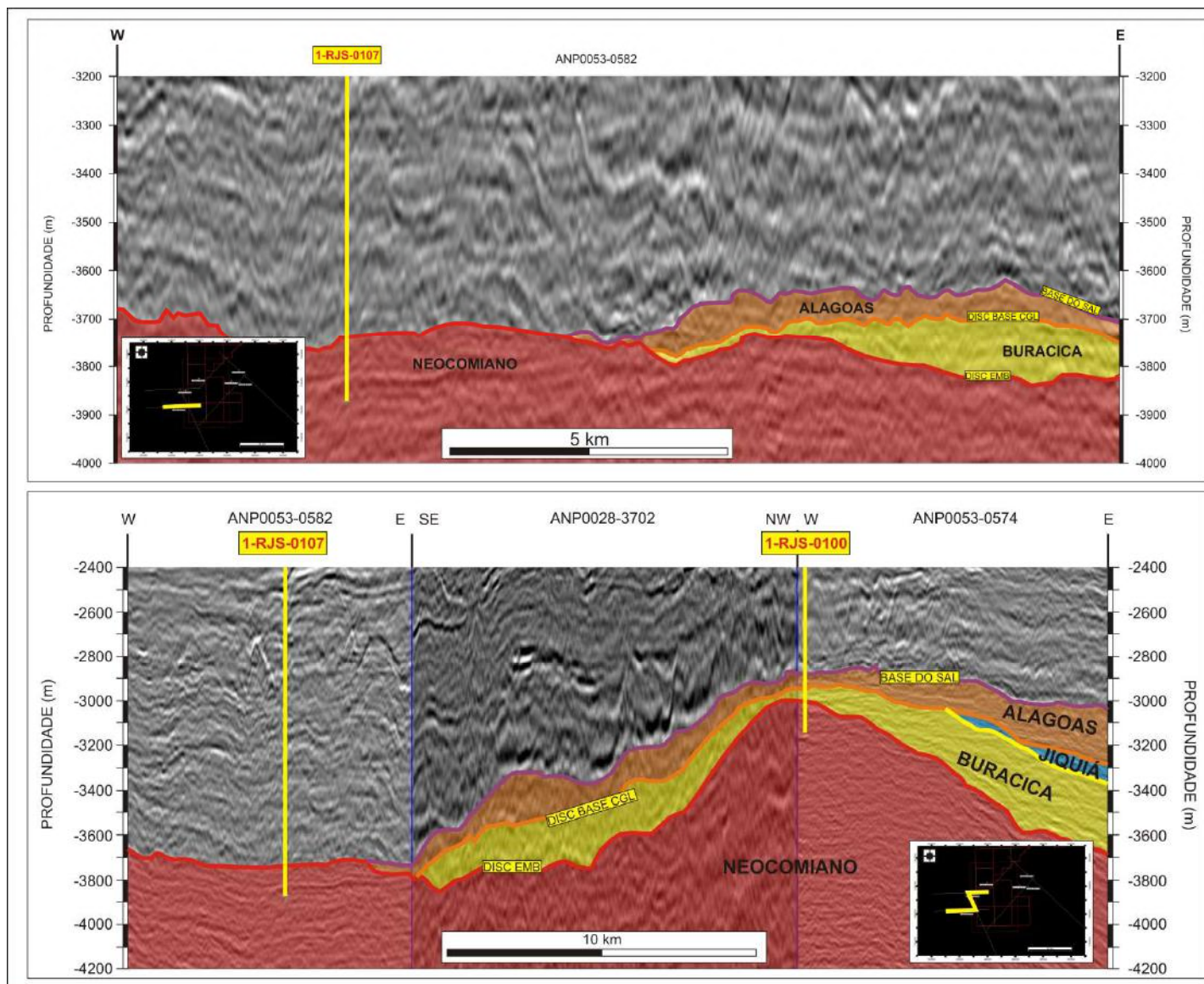


Figura 31 – Linha sísmica de direção leste-oeste e linha sísmica de direção E-W, NW-SE e E-W. Notar o truncamento das seções do Buracica (ES-01) contra a discordância da base do conglomerado (ES-04) e do Alagoas (ES-04) contra o embasamento. Os poços estão projetados na linha.

Assim, podemos afirmar a grande distribuição desses conglomerados do Alagoas (ES-04) por uma grande área no Alto de Cabo Frio.

O mapeamento demonstrou também um *pinch-out* desses conglomerados do Alagoas (ES-04) em direção sul/sudeste da área, colocando em contato os reservatórios microbiais do Alagoas (ES-03) com os depósitos evaporíticos da ES-05 (vide figuras 27 e 29).

Após o mapeamento desses horizontes, foi elaborado um mapa de subafloramento das eletrossequências sob a discordância da base do conglomerado Alagoas (ES-04) (Figura 32).

No poço 3-RJS-0637, o primeiro contato observado abaixo dos conglomerados do Alagoas da Formação Itabapoana (ES-04) são os carbonatos microbiais da Formação Macabú (ES-03). No poço 3-RJS-0614 ocorre o mesmo que no poço anterior.

Já no poço 1-RJS-0166 o primeiro contato abaixo da Formação Itabapoana é com a Formação Coqueiros, de idade Jiquiá (ES-02). Nos poços 1-RJS-0105 e 1-RJS-0100 por baixo dos conglomerados encontramos a Formação Atafona de idade Buracica (ES-01). No poço 1-RJS-0107 o truncamento das seções anteriores leva o embasamento a contato direto com a Formação Retiro (ES-05).

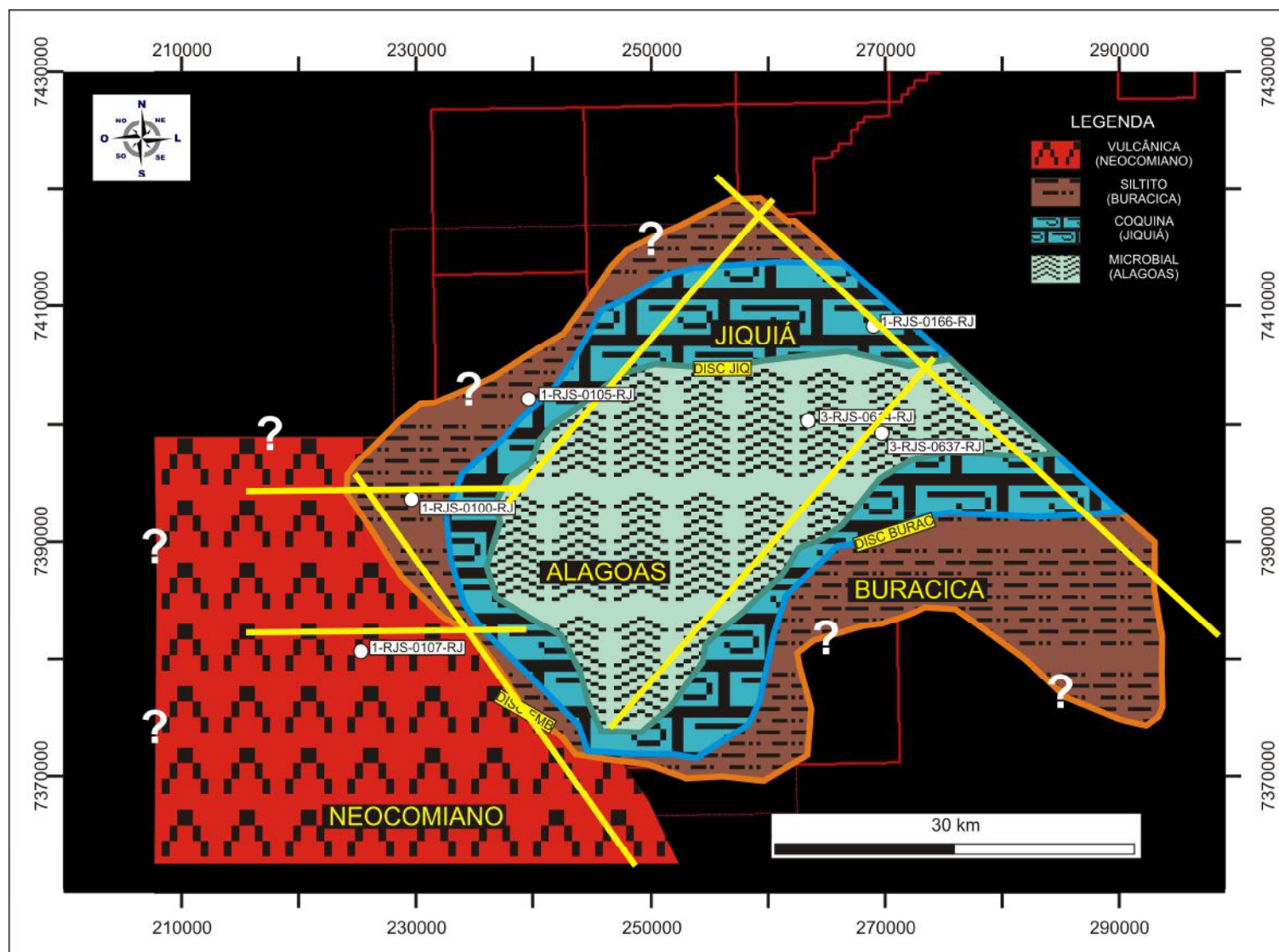


Figura 32 – Mapa de subafloramento das eletrossequências sob a discordância da base do conglomerado Alagoas (ES-04)

## 5 CONCLUSÕES

- a) De acordo com os resultados obtidos, percebe-se que a modelagem de eletrofácies proporcionou a realização de uma boa análise faciológica do Grupo Lagoa Feia;
- b) As delimitações de eletrossequências nas colunas de eletrofácies mostraram uma considerável coerência e a associação dessas eletrossequências, junto com o mapeamento, proporcionou um bom entendimento das relações entre os estratos definidos;
- c) De uma maneira geral o que ocorre na região é um progressivo afinamento dos estratos para oeste e para norte, ocorrendo truncamento das eletrossequências ES-03 (microbiais do Alagoas), ES-02 (coquinas do Jiquiá) e ES-01 (Buracica) sobre a discordância da base do conglomerado;
- d) Comprovado pelo mapeamento, observou-se uma distribuição muito grande dos conglomerados do Alagoas (ES-04), sendo muito difícil associar esses conglomerados à leques aluviais de borda de falha da bacia como descrito por Winter *et al.* (2007). Consideramos mais provável a existência de um pulso tectônico responsável pelo soerguimento e erosão da região do Alto de Cabo Frio e consequente sedimentação dos conglomerados que caracterizam a ES-04;
- e) O espaço para acomodação de sedimentos aumenta cada vez mais para o centro da área, indicando um depocentro na região central e uma região mais elevada a oeste e a norte;
- f) O mapeamento das eletrossequências abaixo da ES-04 demonstrou que a região central e a região nordeste da área de estudo, apresentam as melhores situações para a elaboração de prospectos estratigráficos que visem os reservatórios microbiais e as



coquinas do Grupo Lagoa Feia truncados, contra a discordância da base do conglomerado;

- g) De acordo com o mapeamento, a seção dos conglomerados do Alagoas (ES-04) varia faciologicamente para os evaporitos na direção SE da área. Nesta posição geográfica os reservatórios microbiais do Alagoas (ES-03) estão justapostos à seção evaporítica (ES-05), caracterizando uma excelente relação espacial entre reservatório e selo. Demonstrando que esta região sudeste é uma área propícia para a definição de prospectos do Aptiano;
- h) A presença apenas de Anidrita na ES-05 e as evidências sísmicas de pequenas almofadas e domos de sal (NaCl) para sudeste, demonstra que essa região do Alto de Cabo Frio é uma região de escape de sal para regiões mais distais.

Este trabalho abre uma nova frente de estudos para o Grupo Lagoa Feia na região do Alto de Cabo Frio, principalmente com a utilização de sísmica 3D para um melhor mapeamento e caracterização das sequências definidas neste trabalho.

## Referências bibliográficas

- Bruhn, C.H.L.; Barroso, A.S.; Lopes, M.R.F.; Sarzenski, D.J.; Abreu, C.J. & Silva, C.M.A. 1999. High-Resolution Stratigraphy and Reservoir Heterogeneities of Upper Albian Turbidite Reservoirs of Albacora Field, Campos Basin, Offshore Brazil. *In: AAPG ANNUAL CONVENTION*, San Antonio, 1, 1998
- Neto, O.P.A.C.; Lima, W.S. & Cruz, F.E.G. 2007. Bacia de Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15 (2): 405-415.
- Carvalho, M. D.; Praça, U.M.; Da Silva-Telles; A.C., Jahnert, R.J. & Dias, J.L. 2000. Bioclastic carbonate lacustrine facies molds in the Campos Basin (Lower Cretaceous), Brazil. *In: GIERLOWSKI-KORDESCH, E.H.; KELTS, K.R. (Eds.). Lake Basins Through Space and Time*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 245-255. (AAPG STUDIES IN GEOLOGY 46).
- Chang, H. K.; Kowsmann, R.O.; Figueiredo, A.M.F. & Bender, A.A. 1992. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift System: an Overview. *Tectonophysics*, 213 (1-2): 97-138.
- Dias, J.L. 2005. Tectônica, estratigrafia e sedimentação no Andar Aptiano da margem leste brasileira. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 13: 7-25.
- Dias, J.L.; Oliveira, J.Q. & Vieira, J.C. 1988. Sedimentological and Stratigraphic Analysis of the Lagoa Feia Formation, Rift Phase of the Campos Basin, Offshore Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 18 (3): 252-260.
- Fodor, R.V.; Mckee, E.H. & Asmus, H.E. 1984. K–Ar Ages and the Opening of the South Atlantic Ocean: Basaltic Rock from the Brazilian Margin. *Marine Geology*, 54: M1–M8.
- Guardado, L.R.; Gamboa, L.A.P & Luchesi, C.F. 1989. Petroleum Geology of the Campos Basin, a Model for a Producing Atlantic Type Basin. *In: EDWARDS, J.D.; SANTOGROSSI, P.A. (Eds.). Divergent/Passive Margin Basins*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, p. 3-79. (AAPG MEMOIR 48).
- Guardado, L.R.; Spadini, A.R.; Brandão, J.S.L. & Mello, M.R. 2000. Petroleum Geology of the Campos Basin. *In: MELLO, M.R.; KATZ, B.J. (Eds.). Petroleum Systems of South Atlantic Margins*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, p. 317-324. (AAPG MEMOIR 73).
- Horschutz, P.M.C.; Freitas, L.C.S.; Stank, C.V.; Barroso, A.S. & Cruz, W.M. 1992. The Linguado, Carapeba, Vermelho and Marimbá Giant Fields, Campos Basin, Offshore Brazil. *In: HALBOUTY, M.T. (Ed.). Giant oil and gas fields of the decade, 1978-1988*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, p. 137-153. (AAPG MEMOIR 54).
- Kumar, N. & Gambôa, L.A.P. 1979. Evolution of the São Paulo Plateau (Southeastern Brazilian Margin) and Implications for the Early History of the South Atlantic. *Geological Society of America Bulletin, Boulder, Colorado*, 90: 281-293. part.1.
- Mckenzie, R.P. 1978. Some Remarks on the Development of Sedimentary Basins. *Earth and Planetary Science Letters*, 40: 25-32.
- Mello, M.R. & Maxwell, J.R. 1990. Organic Geochemical and Biological Marker Characterization of Source Rocks and Oils Derived from Lacustrine Environments in the

- Brazilian Continental Margin. In: KATZ, B.J. (Ed.). *Lacustrine Basin Exploration – Case Studies and Modern Analogs*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, p. 77-99. (AAPG MEMOIR 50).
- Mello, M.R. 1988. *Geochemical and Molecular Studies of the Depositional Environments of Source Rocks and their Derived Oils from the Brazilian Marginal Basins*: Ph.D. Dissertation, Bristol University, 240 p.
- Mello, M.R.; Mohriak, W.U.; Koutsoukos, E. A. M. & Bacoccoli, G. 1994. Selected Petroleum Systems in Brazil. In: MAGOON, L.B.; DOW, W.G. (Eds.). *The Petroleum System – From Source to Trap*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, p. 499-512. (AAPG MEMOIR 60).
- Rangel, H.D. & Carminatti, M. 2000. Rift Lake Stratigraphy of the Lagoa Feia Formation, Campos Basin, Brazil. In: GIERLOWSKI-KORDESCH, E.H.; KELTS, K.R. (Eds.). *Lake Basins Through Space and Time*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 225-244. (AAPG STUDIES IN GEOLOGY 46).
- Rangel, H.D.; Martins, F.A.; Esteves, F.R. & Feijó, F.J. 1994. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 8 (1): 203-217.
- Rehim, H.A.A; Pimentel, A.M.; Carvalho, M.D. & Monteiro, M. 1986. Talco e Estevensita na Formação Lagoa Feia da Bacia de Campos - Possíveis Implicações no Ambiente Depositional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986, 1: 416-422.
- Royden, L. & Keen, C.E. 1980. Rifting Processes and Thermal Evolution of the Continental Margin of Eastern Canada Determined from Subsidence Curves. *Earth & Planetary Science Letters*, 51: 343-361.
- Silva, O.B.; Caixeta, J.M. & Milhomem, P.S. 2007. Bacia do Recôncavo. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15 (2): 423-431.
- Soares, J.A. 2005. Um Fluxo de Trabalho para Modelagem de Eletrofácies com Entrelaçamento de Técnicas de Classificação Supervisionada e Não-Supervisionada. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 9, Salvador, 2005. *Anais...* Salvador, 6 p. (CD-ROM).
- Spadini, A.R.; Esteves, F.R.; Dias-Brito, D.; Azevedo, R.L.M. & Rodrigues, R. 1988. The Macaé Formation, Campos Basin, Brazil: Its Evolution in the Context of the Initial Historial of South Atlantic. *Revista Brasileira de Geociências*, 18 (3): 261-272.
- Winter, W.R.; Jahnert, R.J. & França, A.B. 2007. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15 (2): 511-529.